

Agrovoltaica. La simbiosis de la generación fotovoltaica y la agricultura (original)**Agrivoltaics. The symbiosis between agriculture and photovoltaics (original)**

Luis Gutiérrez Urdaneta. Licenciado. Master of Arts - Economics. Empresa de Fuentes

Renovables de Energía. La Habana. Cuba. urdaneta@emfre.une.cu 

Recibido: 02-11-2021 / Aceptado: 01-02-2022

Resumen

Cuba ha dado los primeros pasos en la extensión de la generación fotovoltaica en la agricultura, principalmente en el bombeo de agua y la instalación de paneles en techos y pequeñas áreas en empresas agropecuarias. Sin embargo, la introducción del pastoreo de ganado en parques solares se ha producido de manera aislada y esporádica. En tiempos recientes, la simbiosis de la generación fotovoltaica y la agricultura ha estado presente en la discusión académica y en aplicaciones prácticas en muchos países. Se han desarrollado nuevas tecnologías agrovoltaicas, en las que la tierra, ese recurso tan limitado y escaso, tiene un doble uso: instalaciones solares y agricultura. En el presente trabajo el autor explora algunas de las combinaciones y tecnologías que hoy se utilizan en varios países, muchos de ellos con menores niveles de radiación solar, con el objetivo de hacer más eficiente la actividad conjunta generación fotovoltaica-agricultura con un enfoque integral, o lo que sería igual para Cuba, “pensando como país”.

Palabras clave: agrovoltaica; agrosolar; orientación Este-Oeste; paneles verticales; seguimiento solar

Abstract

The symbiosis between agriculture and photovoltaics has been recently present in academic papers and practical projects in many countries. Cuba has taken the first steps in water pumping, in the installation of solar modules in roofs and small areas in agricultural farms and, barely, in

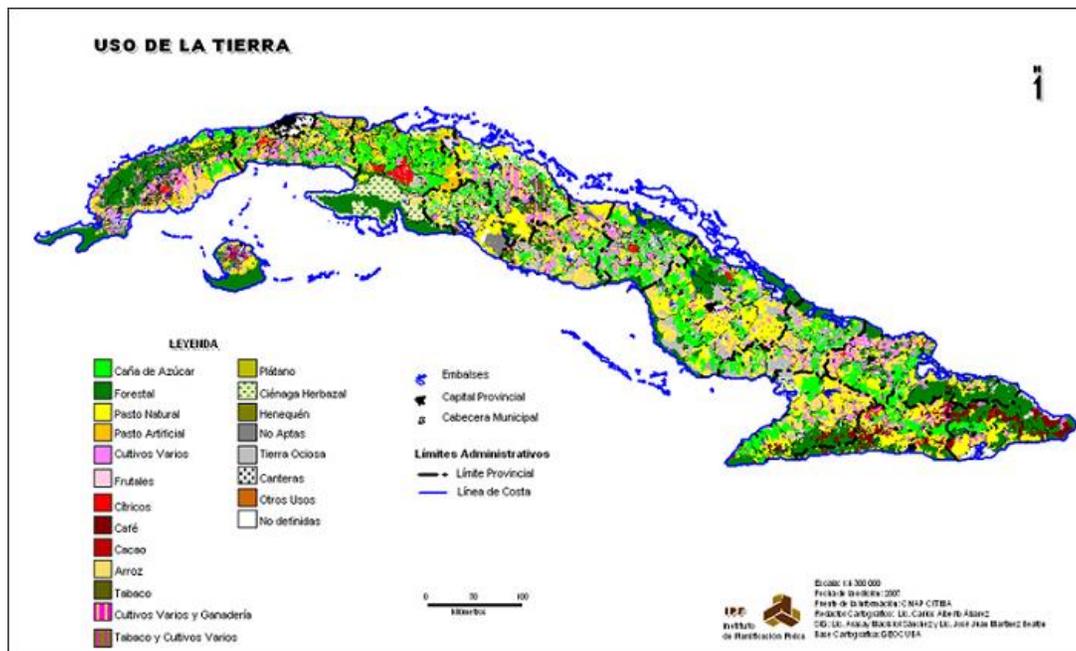
the introduction of livestock in solar plants. In last years, new technologies have been developed with the concept dual use farming: photovoltaics and agriculture. In this text, the author explores some combinations and technologies used in several countries, even with less irradiancations level, with the purpose to reach more efficiency in the agriculture industry and the photovoltaic generation through an integral approach, or said in Cuban terms: “thinking as a nation”.

Keywords: agrivoltaics; agrosolar; East-West orientation; vertical modules; solar tracking

Introducción

La tierra es un recurso no renovable, limitado y escaso. En el caso de Cuba, un pequeño archipiélago, la superficie disponible para ser utilizada en la construcción de parques fotovoltaicos, los suelos menos productivos, debe competir con otros usos alternativos. Estas áreas, además, se encuentran fragmentadas, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Uso de la tierra en Cuba



Pero además, no todas las áreas disponibles pueden ser utilizadas, pues la construcción de parques a gran escala conectados a la red eléctrica, requieren de condiciones técnico-económicas adicionales: topográficas y geotécnicas, niveles de radiación, propiedad de la tierra,

proximidad a la infraestructura eléctrica, tamaño del área, tipo de suelo, aspectos ecológicos y arqueológicos, probabilidad de inundaciones, accesibilidad, disponibilidad de fuerza de trabajo y provisión de agua, entre otras (Mierzwiak y Calka, 2017). Esto reduce significativamente su disponibilidad práctica.

Y como la tierra es un recurso tan limitado y la luz solar tan abundante, y la generación eléctrica o el desarrollo de actividades agropecuarias se erigen como propósitos fundamentales de ciertos proyectos, ha surgido una nueva disciplina: agrovoltaica (*agrivoltaics*), que trata de lograr la conjunción económicamente eficiente de ambas actividades mediante la mutua complementariedad en una misma superficie.

En el presente artículo el autor se propuso introducir en la discusión tres combinaciones agrovoltaicas de desarrollo reciente, de las muchas que existen (Clean Energy Council, 2021), y su posible aplicación en las condiciones de Cuba. En la primera, la generación fotovoltaica se realiza mediante sistemas convencionales (sistemas de ángulo fijo y de seguimiento con elevaciones comunes), siendo la ganadería y creación de hábitats amigables para la reproducción de polinizadores (abejas y otros insectos), las actividades agropecuarias asociadas. En la segunda, los sistemas fotovoltaicos convencionales y otros se asocian a la producción de frutas y vegetales, y finalmente, la generación se produce con paneles bifaciales colocados verticalmente, comúnmente con orientación Este-Oeste, en granjas agrícolas con ciertos tipos de plantaciones y para cercados.

Estos sistemas agrovoltaicos pudieran tener mayor impacto en el corto y mediano plazo en Cuba, a partir de la autorización de la importación de sistemas fotovoltaicos sin fines comerciales para personas naturales.

Población y muestra

Se realizó una extensa revisión bibliográfica de artículos académicos, sitios de productores de sistemas agrovoltaicos, y artículos de prensa, muchos de ellos publicados en el 2021.

Aunque parece no existir una base de datos global, se pudo reunir la siguiente información sobre cada una de las combinaciones agrovoltaicas (Tabla 1). Esta información puede ser considerada conservadora, y todo parece indicar que las instalaciones agrovoltaicas están en expansión.

Tabla 1. Información de potencia en instalaciones agrovoltaicas en el mundo

Tipo de instalación FV	Actividad agrícola	Australia	Mundo (China, Japón, Corea del Sur, Francia y otros)**	Estados Unidos	Alemania, Austria, Corea del sur e Irlanda	China	Reino Unido
Estructuras comunes	Pastoreo*	1,1 GW		0,1 GW			50 MW
	Hábitat de polinizadores			1 GW			
	Cultivos		2,8 GW				
Estructuras elevadas	Cultivos					0,7 GW	
Paneles bifaciales verticales	Pastoreo, heno, cultivos y cercas***				6,2 MW		
<p>*Existen referencias de pastoreo en instalaciones convencionales en España, otros países europeos, China y Canadá. La mayor planta fotovoltaica de China, en Qinghai, utiliza ovejas para el control de las hierbas. **Incluye estructuras comunes y elevadas en cultivos. ***Tecnología muy reciente</p>							

Fuentes: Kelsey et al. (2020), Clean Energy Council (2021), Scurlock (2014) y Next2sun (2021).

En el caso de la colocación vertical de paneles bifaciales, por ser una tecnología agrovoltaica no convencional se realizaron simulaciones en dos sitios en Cuba con diferentes latitudes, cuyos detalles se describirán más adelante. Se extrajeron varias conclusiones

preliminares desde el punto de vista energético. Aunque parece ser que esta tecnología aún no está madura y aunque circunscripta principalmente a Europa, ya existen productores de dicha tecnología en Australia que la promueven (Brakels, 2021).

Análisis de los resultados

a. El índice equivalente del suelo

El índice equivalente del suelo (LER, *Land Equivalent Ratio*) es una medida ampliamente utilizada para evaluar el uso de la tierra con más de un uso simultáneo, como ocurre con las instalaciones agrovoltaicas (Campana et al., 2021). Se calcula según la ecuación 1,

$$LER = \frac{Y_{c,a}}{Y_{c,r}} + \frac{E_{PV,a}}{E_{PV,r}} \quad (1)$$

donde $Y_{c,a}$ es rendimiento de la actividad agrícola en la configuración agrovoltaica, $Y_{c,r}$ es el rendimiento agrícola si toda la tierra fuera destinada a solo ese uso. Se expresan en *t/ha*.

Asimismo $E_{PV,a}$ es la energía producida por m^2 durante un año en la combinación agrovoltaica, y $E_{PV,r}$ es la energía por m^2 por un sistema convencional fotovoltaico, y se expresan en *kWh/m²/año*.

La condición necesaria para que se aplique una tecnología agrovoltaica es que LER sea mayor que 1. Mientras mayor, la tierra se usa de manera más intensiva. No obstante, para que se pueda afirmar que una combinación agrovoltaica es más eficiente debe realizarse una evaluación económica para cada caso específico. En las combinaciones que a continuación se exploran, se parte de la premisa de que el *LER* debe ser mayor que la unidad.

b. Sistemas fotovoltaicos convencionales combinados con la ganadería y la creación de hábitats amigables para la reproducción de agentes polinizadores

Como se muestra en la tabla 1, la combinación de sistemas fotovoltaicos con pastoreo es la más extendida, excepto en los Estados Unidos. Se recomienda el pastoreo de ganado ovino (no

ganado bovino ni caprino) (Penn State Extension, 2020), aunque también existen algunas experiencias positivas con gansos y gallinas. Según el texto *Agricultural Good Practice Guidance for Solar Farms* (Scurlock, 2014), en las condiciones ambientales y del suelo del Reino Unido y en determinadas estaciones se pueden tener entre 4 y 8 ovejas o y hasta 20 000 aves por hectárea (Figura 2).

Figura 2. Arriba, parques solares con ovejas en la provincia de Qinghai, China; y en Ottawa, Canadá. Abajo, sendas instalaciones solares con gansos y gallinas en Reino Unido



El pastoreo de ganado ovino en los parques fotovoltaicos convencionales trae un grupo de ventajas con ciertos requerimientos (Tabla 2) (Scurlock, 2014, y Clean Energy Council, 2021).

Tabla 2. Algunas ventajas y requerimientos del pastoreo en parques fotovoltaicos

Ventajas		Requerimientos
Para los operadores de los parques	Para los granjeros y animales	Evitar el sobre pastoreo.
Reducción de las labores de chapeo (posiblemente con mejor calidad), y los riesgos de incendio.	Acceso gratuito al pasto, sobre todo en época de sequía.	En caso de que se apliquen fertilizantes deben evitarse daños al suelo o a los módulos.
Reducción de los costos de operación, daños de pesticidas y provocados a las instalaciones por equipos de chapea.	Menos consumo de agua por animal	Debe mantenerse la fertilidad del suelo y el pH apropiados.
Mayor seguridad del trabajo para los operadores.	Los animales tendrían acceso cercano al sombreado.	Debe preverse el pastoreo desde la construcción del parque.
Fortalecimiento de relaciones entre operadores de los parques, comunidades campesinas, otras entidades agropecuarias y centros de investigación y universidades.		

La principal combinación agrovoltaica en los Estados Unidos ha sido la creación en los parques de hábitats para las abejas. La importancia del aumento de las abejas no sólo se centra en la producción de miel, sino en su función polinizadora por su altísimo impacto en la agricultura en general. Se reportan beneficios en este tipo de instalaciones agrovoltaicas (Figura 3). Existen políticas de apoyo gubernamental en Minnesota, North Carolina, Maryland, Vermont, y Virginia. Para ello se estimula la siembra de determinadas especies vegetales en los parques fotovoltaicos, lo cual implica la activa participación académica (Graham et al., 2021).

Figura 3. Parques solares los Estados Unidos con hábitat amigable para polinizadores



Fuentes: Clean Energy Council (2021) y Jossi (2018).

Aunque en Cuba, a diferencia de otros países, la producción de miel crece y existe un Programa de Desarrollo de la Apicultura en Cuba hasta 2030 (Pérez-Piñeiro, 2017), sería útil explorar las posibilidades de las instalaciones agrovoltaicas para el fomento de los agentes polinizadores y la producción de miel.

c. Sistemas fotovoltaicos convencionales y otros asociados con la producción de frutas y vegetales

Existen configuraciones agrovoltaicas que utilizan tecnologías convencionales con elevaciones comunes, con altas elevaciones y otros, que combinan la generación fotovoltaica con el cultivo de pimiento, tomate, frutas, flores ornamentales, papa, entre otros, en los Estados Unidos, Japón, Francia, Islas Reunión, Alemania, Holanda, India, Australia, Viet Nam y China (Clean Energy Council, 2021; Scognamiglio et al., 2015). Usualmente estas instalaciones son

relativamente pequeñas, aunque se han construido algunas en Japón y China con gran potencia fotovoltaica instalada.

A continuación, se muestran algunos ejemplos. La participación de centros de investigación ha sido importante en el desarrollo de este tipo de sistemas agrovoltaicos, fundamentalmente con cultivos que requieren cierto grado de sombreado (figuras 4,5 y 6).

Figura 4. Sistema agrovoltaico con vegetales en el Research and Education Center en Massachusetts



Fuente: Estados Unidos (Clean Energy Council, 2021).

Figura 5. Sistema agrovoltaico con apio, tomates y trigo cerca del lago Constance



Fuente: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Clean Energy Council, 2021).

Figura 6. Invernadero Agrienergy 5, en Islas Reunión con cultivos de tomate, fruta de pasión, malanga y ají



Fuente: Scognamiglio et al. (2015).

En estos desarrollos han estado envueltos centros e investigación. En todos los casos, lo que se intenta es lograr la combinación de los cultivos y la configuración fotovoltaica idóneos.

En el extenso trabajo “Dual-use approaches for solar energy and food production. International experience and potentials for Viet Nam” (GreenID, 2019), país con semejanzas climáticas a Cuba, se listan varios tipos de cultivos y peces que, a partir de investigaciones y resultados de otros proyectos, podrían ser identificados como potenciales candidatos para combinaciones agrovoltaicas (figura 7).

Figura 7. Potenciales cultivos y peces para instalaciones agrovoltaicas en Viet Nam

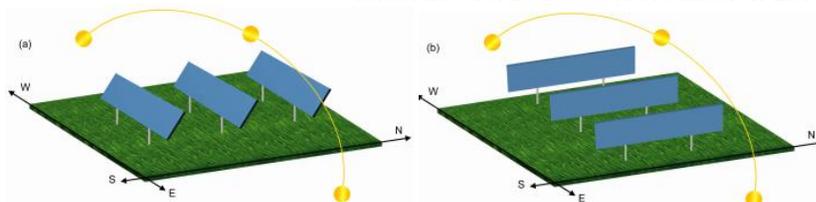
Category	Crop (+)
Field crops	<ul style="list-style-type: none"> • Corn • Green Tea • Coffee • Soy • Rice
Vegetables	<ul style="list-style-type: none"> • Cassava • Spinach • Broccoli • Legumes • Beans • Salad/Lettuce • Herbs (e.g. Lemongrass) • Peas • Mushrooms • Cabbage • Asparagus • Carrots • Leek • Fennel • Celery • Onion • Cucumber • Zucchini
Fruit	<ul style="list-style-type: none"> • Low growing fruit trees (orange etc.) • Berries • Grapes
Aquaculture	<ul style="list-style-type: none"> • Shrimp • Fish (Tilapia etc.)

Fuente: GreenID (2019).

d. Generación con paneles bifaciales colocados verticalmente con orientación Este-Oeste

Esta es una tecnología nueva que parte de un principio muy simple: si se colocan paneles bifaciales verticales con orientación Este-Oeste, se sacrifica el rendimiento energético, pero el espacio ocupado es mínimo ($\approx 1\%$), lo cual permitiría una mayor área para uso agrícola (figura 8). La distancia entre filas es entre 10 y 15 metros, de manera que se pueda operar maquinaria agrícola, además de que minimiza el sombreado entre paneles.

Figura 8. a) Sistema convencional de ángulo fijo con paneles inclinados al Sur, b) Sistema de paneles bifaciales verticales con orientación Este-Oeste



Fuente: Riaz et al. (2020).

Este sistema ha sido desarrollado en Alemania (Next2sun, 2021), pero ya existen en el mundo otras empresas de Austria y Australia ofertando la tecnología, y se han construido instalaciones agrolvoltaicas de este tipo en varios países (tabla 3 y figuras 9 y 10).

Tabla 3. Referencias del fabricante Next2sun

País	No. instalaciones	Potencia pico	Uso agrícola
Alemania	3	6,1 MWp	Heno, ensilaje y pastoreo
Austria	1	22,5 kWp	Tierra arable y papa
Corea del Sur	1	30 kWp	Tierra en conversión
Irlanda (cercas)	2	52 kWp	Ganado y aves

Figura 9. Sistema de paneles bifaciales verticales con orientación Este-Oeste en terreno para pastoreo, heno y ensilaje



Fuente: (Next2sun, 2021).

Figura 10. Cercas solares con sistemas bifaciales verticales



Fuente: (Next2sun, 2021).

El autor se propone evaluar en dos sitios de Cuba: a) el azimut óptimo para el sistema de paneles bifaciales verticales b) la relación entre las energías producida por m^2 durante un año con

la combinación agrovoltaica, y con el sistema de ángulo fijo convencional, y c) la distribución horaria de la generación con la instalación agrovoltaica vertical.

Los datos mensuales promedio de radiación global horizontal y de la temperatura en el día, según la latitud y longitud de cada ubicación se obtuvieron del libro en Excel “Interp” (Tabla 4), uno de los resultados del proyecto “Determinación de la distribución de radiación solar sobre el territorio nacional partiendo de la información que brinda la red heliográfica”, del Centro de Física de la Atmósfera, del Instituto de Meteorología.

Tabla 4. Radiación y temperatura de los dos sitios

	La Habana		Guantánamo	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
	23.1	-82.34	19.94	-75.1
	Radiación solar diaria horizontal kWh/m ² .día	Temperatura ambiente °C	Radiación solar diaria horizontal kWh/m ² .día	Temperatura ambiente °C
Enero	4,24	26,9	4,18	28,8
Febrero	4,93	27,6	5,03	29,1
Marzo	5,55	28,7	5,58	29,9
Abril	6,56	30,5	5,84	30,8
Mayo	6,29	31,4	5,89	31,3
Junio	5,94	31,6	6,01	31,9
Julio	6,27	32,6	6,37	32,7
Agosto	6,08	32,6	6,49	32,9
Sept.	5,51	32,0	5,85	32,1
Octubre	4,70	30,6	4,73	31,3
Nov.	4,04	28,8	4,31	30,0
Dic.	3,57	27,4	3,75	29,2
Promedio	5,25	30,1	5,39	30,9

Las simulaciones, con los datos meteorológicos anteriores y los parámetros tecnológicos de la tabla 5, se realizaron mediante el internacionalmente reconocido *software* PVsyst (Group of Energy Institute of the Sciences of the Environment, 2019). Este es el *software* profesional más utilizado en Cuba como herramienta de simulación.

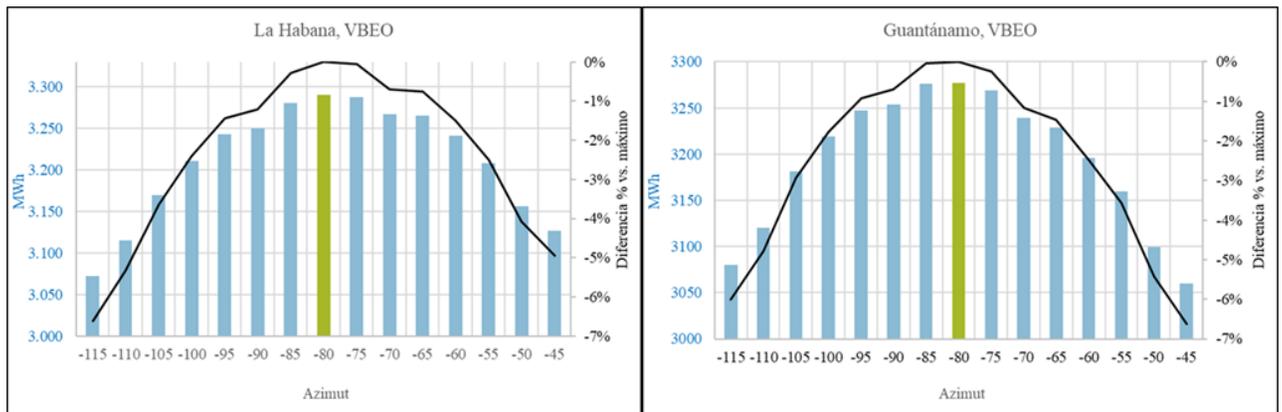
Tabla 5. Parámetros tecnológicos de los sistemas

Conceptos	Unidad medida	Angulo fijo convencional (SAF)	Vertical Este-Oeste (VBEO)
Inclinación de los paneles (β)	°	15	90
Potencia pico	kWp	2 683	
# paneles	-	6 966	
# módulos en retrato	-	2	
Espacio entre filas	m	6,13 y 5,86*	10
Tipo de panel bifacial	-	LR6-72 HBD 385 M Bifacial	
Eficiencia del panel	%	19,14	
Factor de bifacialidad	%	75	
Ancho banda receptora	m	4,08	
# inversores	-	79	
Pérdida óhmica en el cableado	%	1,5 en STC	
Degradación inducida de la luz	%	1,5	
Pérdida de calidad del módulo	%	-0,5	
Pérdida por desajuste de módulos	%	1,0	
Pérdida por desajuste de cadenas	%	0,1	
Modificador del ángulo de incidencia	-	El propio del módulo	
Pérdida por suciedad del conjunto	%	3,0	1,0**
Fracción para efecto eléctrico para el sombreado según cadenas de módulos	%	75,0%	
*6,13 m La Habana y 5,86 m Guantánamo. Regla del solsticio de invierno con hora solar de diseño 8:00 AM			
**Menores pérdidas por posición vertical del módulo			

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- I. Aunque el sistema VBEO de manera preliminar orienta los paneles bifaciales en dirección Este-Oeste (azimut -90°), las simulaciones muestran que con un azimut de -80° se obtiene la máxima energía. En la medida que aumenta o disminuye dicho azimut se reduce la producción de energía (figura 11).

Figura 11. Producción de energía y diferencia en % vs máximo con diferentes azimuts



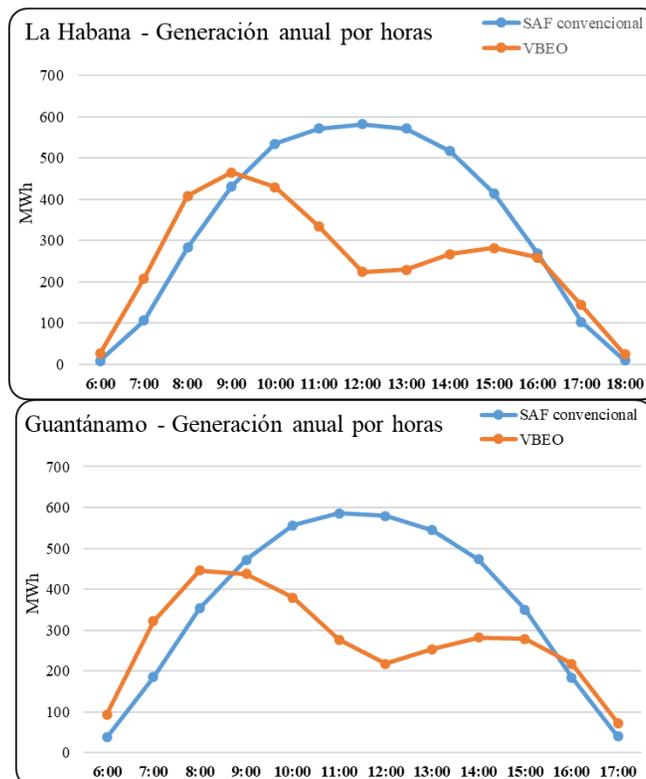
II. Una de las ventajas de la tecnología de paneles bifaciales colocados verticalmente con orientación Este-Oeste es la ocupación mínima del terreno, de manera que prácticamente no afecta el área cultivable para aquellas plantas que soportan o se benefician con ciertos niveles de sombreados, u otras para las que la afectación no es significativa. Esto hace que sea muy probable que con la selección idónea de los cultivos el índice equivalente del suelo (LER) sea mayor que 1 (tabla 6), incluso con azimuts de -45° y -115° . De ahí su utilidad incluso para cercados.

Tabla 6. Relación producción de energía VBE0 y SAF

Conceptos	La Habana			Guantánamo		
	-80°	-45°	-115°	-80°	-45°	-115°
$E_{PV,a}$ (MWh)	3 290	3 127	3 072	3 277	3 060	3 080
$E_{PV,r}$ (MWh)	4 413			4 360		
$\frac{Y_{c,a}}{Y_{c,r}}$	0,75	0,71	0,70	0,75	0,70	0,71
$\frac{Y_{c,a}}{Y_{c,r}}$ mínimo para $LER=1$	0,25	0,29	0,30	0,25	0,30	0,29

III. Otra ventaja podría ser que con el VBE0 se obtiene una mayor generación horaria *versus* SAF en horas tempranas y tardías, lo que su aporte podría ser positivo en el balance de generación y carga del sistema eléctrico nacional (figura 12).

Figura 12. Generación anual por horas VBEO vs. SAF



Con el sistema VBEO podrían ponerse a generar áreas que en la actualidad tienen solamente usos agrícolas. Una de las desventajas de esta tecnología podría ser la vulnerabilidad frente a los fuertes vientos. Sin embargo, las estructuras podrían ser montadas en zonas en que estadísticamente no hay una alta probabilidad de huracanes y ancladas en terrenos rocosos. Sería posible también construir estructuras más fuertes y con partes móviles de manera que los paneles pudieran ser colocados horizontalmente cuando fuera necesario.

Conclusiones

1. El modelo económico cubano se ha caracterizado por el verticalismo y la autarquía en el ámbito de las actividades productivas. La cooperación entre entidades de diferentes ramas productivas y centros de investigación y universidades ha tomado recientemente un impulso positivo, cuya máxima expresión ha sido la estrecha colaboración intersectorial y de industrias, centros de investigación y universidades en la lucha contra la pandemia COVID-

19, y cuyo resultado más notable, aunque no el único, han sido las vacunas y los candidatos vacunales. Los encadenamientos productivos son la norma en las economías eficientes.

2. La determinación del precio “sombra” de la tierra (como costo de oportunidad), el llamado enfoque económico en la evaluación de proyectos de inversión, y el cálculo de tarifas horarias y estacionales de la electricidad, son elementos pendientes de abordar en la actualización del modelo económico para la realización de evaluaciones más integrales desde el punto de vista social.
3. Cuba necesita incrementar la generación con fuentes renovables de energía y la producción de alimentos, no sólo por necesidad económica sino de soberanía nacional. Con políticas gubernamentales adecuadas y de apoyo, con un enfoque social en vez del estrechamente sectorial y con la participación directa de los centros de investigación, universidades, empresas de diferentes ramas, diversos actores económicos y comunidades, varios de los sistemas aquí descritos, pueden formar parte del portafolio de proyectos en un futuro cercano.

Referencias Bibliográficas

Brakels, R. (2021). *Bifacial Solar Panels May Dominate Australian Solar Farms*. Solarquotes.

<https://www.solarquotes.com.au/blog/bifacial-panels-solar-farms/>

Campana, P. E., Stridh, B., Amaducci, S. & Colauzzi, M. (2021). *Optimization of vertically mounted agrivoltaic systems*, Cornell University. <https://arxiv.org/abs/2104.02124>

Clean Energy Council. (2021). *Australian guide to agrisolar for large-scale solar*.

<https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/resources/reports/agrisolar-guide/Australian-guide-to-agrisolar-for-large-scale-solar.pdf>

- Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R. & Higgis, C. W. (2021). Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. *Scientific Reports*, 11:7452, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4>
www.nature.com/scientificreports
- GreenID. (2019). *Dual-use approaches for solar energy and food production. International experience and potentials for Viet Nam*. Green Innovation and Development Centre. http://rainer-brohm.de/wp-content/uploads/2019/02/Dual-use-approaches-for-solar-energy-and-food-production-international-experience_en.pdf
- Group of Energy Institute of the Sciences of the Environment. (2019). *PVsys V6.81*. University of Geneva, Switzerland. Licencia concedida a C.R. Technology Systems en septiembre de 2020. <https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/>
- Jossi, F. (2018). *How land under solar panels can contribute to food security*. University of Minnesota. <https://ensia.com/features/solar-farms/>
- Kelsey, H., Ramasamy, V., Macknick, J., & Margolis, R. (2020). *Capital Costs for Dual-Use Photovoltaic Installations: 2020 Benchmark for Ground-Mounted PV Systems with Pollinator-Friendly Vegetation, Grazing, and Crops*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-77811. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/77811.pdf>
- Mierzwiak, M., & Calka, B. (2017). Multi-criteria analysis for solar farm location suitability. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 104. DOI: 10.1515/rgg-2017-0012 Polonia.
- Next2sun. (2021). *References (Agrivoltaics-Solar fence)s*. Germany. <https://www.next2sun.de/en/references/>

Penn State Extension. (2020). *Sheep Grazing to Maintain Solar Energy Sites in Pennsylvania*.

<https://extension.psu.edu/>

Pérez-Piñeiro, A. (2017). La apicultura en Cuba y su situación actual. *Agroecología*, 12(1), 67-

73. <https://revistas.um.es>

Riaz, M. H., Younas, R., Imran, H., Alam, M. A., & Butt, N. Z. (2020). *Module Technology for Agrivoltaics: Vertical Bifacial vs. Tilted Monofacial Farms*, IEEE Journal of Photovoltaics, rXiv:1910.01076v2 [physics.app-ph].

Scognamiglio, A., Garde, F., Ratsimba, T., Monnier, A., & Scotto, E. (2015). *Photovoltaic greenhouses: a feasible solutions for islands? Design, operation, monitoring and lessons learned from a real case study*. <https://www.researchgate.net/publication/271522951>

Scurlock, J. (Ed.). (2014). *Agricultural Good Practice Guidance for Solar Farms*. BRE.

www.bre.co.uk/nsc