



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL
SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR”**

Realizado por:

NUBE ANDREA CONTRERAS ROMERO

Director del proyecto:

Dr. Jesús López Villada

Como requisito para la obtención del título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 24 de septiembre de 2021

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, NUBE ANDREA CONTRERAS ROMERO, con cédula de identidad # 1722290747, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



NUBE ANDREA CONTRERAS ROMERO

C.I. 1722290747

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL
SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR”**

Realizado por:

NUBE ANDREA CONTRERAS ROMERO

como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

JESÚS LOPEZ VILLADA

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

PATRICIA OTERO, M. Sc.

PAULO PEÑA, PHD.

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

FIRMA

PATRICIA OTERO, M. Sc.

FIRMA

PAULO PEÑA, PHD.

Quito, 24 septiembre de 2021

DEDICATORIA

Dedicado mi familia, mi pilar y mi fortaleza.

AGRADECIMIENTO

A Expoflores a su Presidente Ejecutivo y Gerencia Financiera a sus colaboradores y a todas las empresas agremiadas por el gran trabajo que realizan, especialmente a las que han formado parte de esta investigación.

RESUMEN

La gestión energética en una empresa productora y exportadora de rosas es relevante en su gestión sostenible, gestión que es demandada en los mercados de exportación y que puede ser medida a través de indicadores de sostenibilidad como la huella de carbono. El consumo energético de electricidad y de combustibles fósiles, en el sector florícola, constituyen un problema al incremento del indicador de la huella de carbono porque son fuentes de generación de GEI (gases efecto invernadero) y, se requiere trabajar sobre soluciones reales de acuerdo con las condiciones de este importante sector de exportación. Lamentablemente el conocimiento sobre tecnologías de energía limpia en el sector florícola, especialmente en la producción de rosas, no está actualizado y, no se cuenta con información de consumo real de energía en el proceso productivo. Por ello, en esta investigación se realizó mediciones de consumo energético en fincas y, para el monitoreo sectorial se estructuró un indicador de consumo energético que formará parte de los indicadores de sostenibilidad de la floricultura, en la Asociación Nacional de Productores Exportadores y Comercializadores de Flores del Ecuador- Expoflores. De los resultados obtenidos se evidenció que los mayores consumos energéticos se encontraban en la refrigeración y bombeo por ello, se plantearon medidas para mejorar la eficiencia energética que se estiman puedan disminuir el consumo eléctrico entre el 18 y 27% además, bajo las condiciones de luminosidad en las zonas de producción y al alto consumo eléctrico en las empresas florícolas, una de las alternativas planteadas para el plan de eficiencia energética en esta investigación es la energía solar fotovoltaica.

Palabras clave: Eficiencia energética, sostenibilidad, sector florícola, indicadores energéticos, energía solar fotovoltaica.

ABSTRACT

Energy management in a rose producing and exporting company is relevant in its sustainable managing, operation that is demanded in export markets and that can be measured through sustainability indicators such as the carbon footprint. The energy consumption of electricity and fossil fuels, in the floricultural sector, constitute a problem to the increase in the indicator of the carbon footprint because they are sources of generation of GHG (greenhouse gases), and it is necessary to work on real solutions according to the conditions of this exporting sector. Unfortunately, knowledge about clean energy technologies in the floricultural sector, especially in the production of roses, is not updated and there is no information on real energy consumption in the production process. Therefore, in this research, measurements of energy consumption in farms were carried out. For the sectoral monitoring an energy consumption indicator was set up that will be part of the sustainability indicators of floriculture, in the National Association of Exporting Producers and Marketers of Flowers of Ecuador- Expoflores. From the results obtained, it was shown that the highest energy consumption was in cooling and pumping. Consequently, measures were proposed to improve energy efficiency that are estimated to reduce electricity consumption between 18 and 27%. Furthermore, under the conditions of luminosity in the production areas and the high electricity consumption in the floricultural companies, one of the alternatives proposed for the energy efficiency plan in this research is photovoltaic solar energy.

Keywords: Energy efficiency, sustainability, floricultural sector, energy indicators, photovoltaic solar energy.

I.INTRODUCCIÓN

1.1. La producción de rosas de exportación en el Ecuador

El sector florícola del país es uno de los principales generadores de trabajo para la sierra central. Por cada hectárea cultivada se requieren entre 10,5 y 11 trabajadores. Además, es un sector que promueve la equidad de género ya que la relación entre hombres y mujeres es de casi el 50% en cada caso. Por otro lado, de acuerdo con los datos presentados por Expoflores (2020), la producción de flores en el Ecuador representa el 5,7% de participación en el PIB nacional de las exportaciones no petroleras, con un total hasta octubre del 2020 de \$693 millones de dólares exportados, lo que coloca al sector en el 5to lugar como productos de exportación de tipo no petrolero. Los principales destinos de exportación son: Estados Unidos, la Unión Europea y Euro Asia.

Hasta diciembre del 2020 se contaban con 4500 ha productivas de flores registradas. Las zonas de mayor producción son: los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, así como todos los cantones en la provincia de Cotopaxi. En la producción de flores existen algunas especies, la más importante las rosas. Hasta octubre de 2020, el 70% de las exportaciones de flores está concentrada en las rosas. Este comportamiento ubica al Ecuador en el segundo exportador a nivel mundial (Expoflores, 2020, p.4). Las rosas ecuatorianas tienen características inigualables. Las condiciones climáticas del país, determinantes en la calidad, han permitido que las rosas se adapten perfectamente y, la posición geográfica (línea ecuatorial) ha brindado una ventaja comparativa que le permiten al productor contar con un número de horas luz más constantes. Según Aziz y et al (2020) las rosas requieren de baja temperatura (entre 20-25°C durante el día y entre 13-16°C durante la noche), moderada humedad relativa de 75% o menos y lluvia, además de 8 horas de luz, condiciones que claramente se evidencian en las zonas de mayor producción de rosas del país.

En los últimos 10 años, el sistema agrícola de producción de rosas en Ecuador se ha tecnificado y, se han incorporado buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas ambientales, pero, aún se requiere incorporar otras prácticas sostenibles para tener un impacto positivo sobre los sistemas productivos y sobre los recursos que se utilizan como son agua, suelo y energía.

1.2. La Energía en la producción de rosas

El sistema de producción de rosas es primario, no existe transformación del producto, pero, esto no significa que no exista tecnificación. Los sectores agrícolas en general han desarrollado, en los últimos años, equipos y tecnología bastante especializada. Por este motivo, la energía es un recurso indispensable en la producción de rosas para el funcionamiento de los equipos que permiten preparar la flor y mantenerla en óptimas condiciones para la exportación. De acuerdo con la investigación realizada por Guallasamin y Simón-Baile (2018), en la que evaluaron la huella de carbono de una finca florícola ecuatoriana, de la cuna a la puerta, se determinó que la energía proveniente de fuentes no renovables era la segunda fuente de emisión después del uso de agroquímicos y fertilizantes.

Con este resultado se evidencia como el uso de cuartos fríos y de equipos eléctricos representa un importante consumo de energía para el proceso, en postcosecha principalmente, y puede suponer un obstáculo debido su costo para las empresas (Viteri, 2007). Actualmente, la falta de información pormenorizada del consumo energético en los sectores productivos es una limitante para el desarrollo de proyectos. La Agencia de Regulación y Control de Electricidad presenta cada año informes estadísticos sobre el consumo energético en el país. Sin embargo, en los datos no se puede conocer el consumo energético del sector florícola. Entre la información que se evidencia en el Balance Energético del Ecuador, se observa que al mes de abril del año 2020 el 25,65% del consumo nacional de energía lo realizó el sector industrial (ARCONEL, 2020), dentro del que se puede considerar que está incluido el sector florícola.

1.3. Fuentes de Energía Actuales

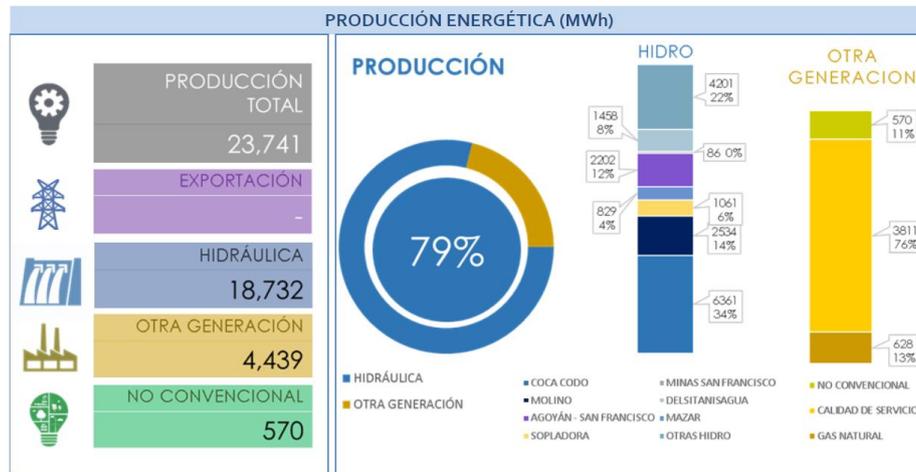
De acuerdo con los datos expuestos por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables o MERNNR (2019), el consumo eléctrico en los sectores industriales, donde se encuentra el florícola, ha tenido un incremento significativo desde el año 2008 al 2018 con el 147% en la facturación. Este valor nos indica que la principal fuente de energía en este sector es el eléctrico.

Los sistemas de producción de rosas de Ecuador y Colombia son muy similares; pero, a diferencia de Ecuador, Colombia cuenta con información referente al consumo energético que merece ser analizado para poder compararlo más adelante con el ecuatoriano. En la guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el subsector floricultor (BID et al., 2011), se indica que la matriz energética en la producción de flores colombianas se compone en primer lugar, con un 58% de participación, el uso de carbón mineral, seguido de un 30% de uso de Energía eléctrica y con un 6% el uso de diésel. La realidad en Ecuador como se ha visto es muy diferente ya que en nuestro país la producción de rosas específicamente no usa carbón vegetal sino electricidad y diésel. Colombia utiliza carbón vegetal para las calderas de desinfección de suelo y sustratos (BID et al., 2011).

1.3.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica en el Ecuador es principalmente producida en centrales hidroeléctricas, seguida de las termoeléctricas. Aguirre menciona que la energía eléctrica es generada por fuentes renovables predominando la hidráulica pero aún existe un porcentaje de energía generada por fuentes no renovables “con una gran participación de los motores de combustión interna” (2018, p.20); de acuerdo con los datos actualizados del Operador Nacional de Electricidad-CENACE (2021) la generación eléctrica de fuente hidráulica tiene una participación del 79% como se aprecia en la figura a continuación.

Figura 1 Información Operativa en tiempo real de la producción energética del Ecuador



Fuente: Operador Nacional de Electricidad-CENACE, 2021

Debido a la ubicación de las empresas florícolas existe gran disponibilidad de energía eléctrica a través de la red nacional de distribución eléctrica, esto ha permitido que las fincas consideren equipos eléctricos para la tecnificación de sus procesos por la facilidad de conexión. De acuerdo con el estudio desarrollado por Estacio (2005), los consumos eléctricos en una finca productora de rosas se componen del uso en sistemas de refrigeración con un 31,87% después los sistemas de bombeo con un 20,49% y finalmente los sistemas de iluminación con un 18,75%, estos resultados fueron corroborados por la investigación realizada más adelante por Aguilar (2017).

En la estructura de costos de una empresa florícola el consumo energético es muy complejo de identificar porque no solo incluye el costo de la electricidad sino de otras fuentes energéticas como el diésel y la gasolina. Estacio (2005) indicó que aproximadamente el consumo eléctrico mensual en una finca florícola promedio es de 43000 kWh lo que representa un costo de \$4784,17, este estudio se realizó en una empresa de 12,10 ha. El costo de la energía eléctrica depende de la categoría de la industria, del nivel de voltaje que utiliza y de la demanda horaria (ARCONEL, 2019). El sector florícola se ubica en la Categoría General y depende mucho de las conexiones de las empresas respecto al nivel de voltaje, así como de las

temporadas de alta producción para definir la demanda horaria porque existen una tarifa para la energía utilizada entre las 8:00 am. y las 22:00 pm., y otra tarifa para la energía consumida entre las 22:00 pm. y las 8:00am. Además, se debe considerar los días de consumo y otras condiciones de ubicación. Estas variaciones se pueden verificar en el pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución del año 2019. Se ha visto que los valores oscilan entre los \$0,05 hasta los \$0,10 kWh/mes (ARCONEL, 2019).

1.3.2. Diesel

Aguirre explica que en Ecuador “la demanda energética se satisface utilizando un gran porcentaje de combustibles fósiles como: diésel (31 %), gasolina (28 %), electricidad (13,5 %) y otros” (2018, p.15). El consumo de combustibles en las agroindustrias, especialmente de diésel se ha vuelto indispensable para la maquinaria y, según Barriga (2015) este combustible es una de las fuentes de energía secundaria que existen. En floricultura, además del uso de diésel para maquinaria agrícola como tractores, una gran cantidad de diésel se utiliza para alimentar las plantas de luz cuando se va la energía eléctrica (Aguilar, 2017), el consumo promedio de diésel en un generador es 8,88 galones/hora según la investigación de Echeverría (2003) aunque es importante considerar que este valor depende del tipo de generador en cada finca.

1.4. Alternativas energéticas

En el mercado hoy en día existe un sin número de alternativas energéticas, en su mayoría sostenibles, la realidad en la floricultura es que la implementación de tecnologías energéticas ambientalmente responsables aún requiere de inversiones considerables (Freda et al., 2015) especialmente para el productor. La ventaja en Ecuador es que en el último año se han presentado condiciones tecnológicas, ambientales y políticas como la Regulación No. ARCERNNR-001/2021 para la generación de energía limpia como la fotovoltaica en zonas residenciales e industrias de bajo y medio voltaje. Estas condiciones nos brindan grandes

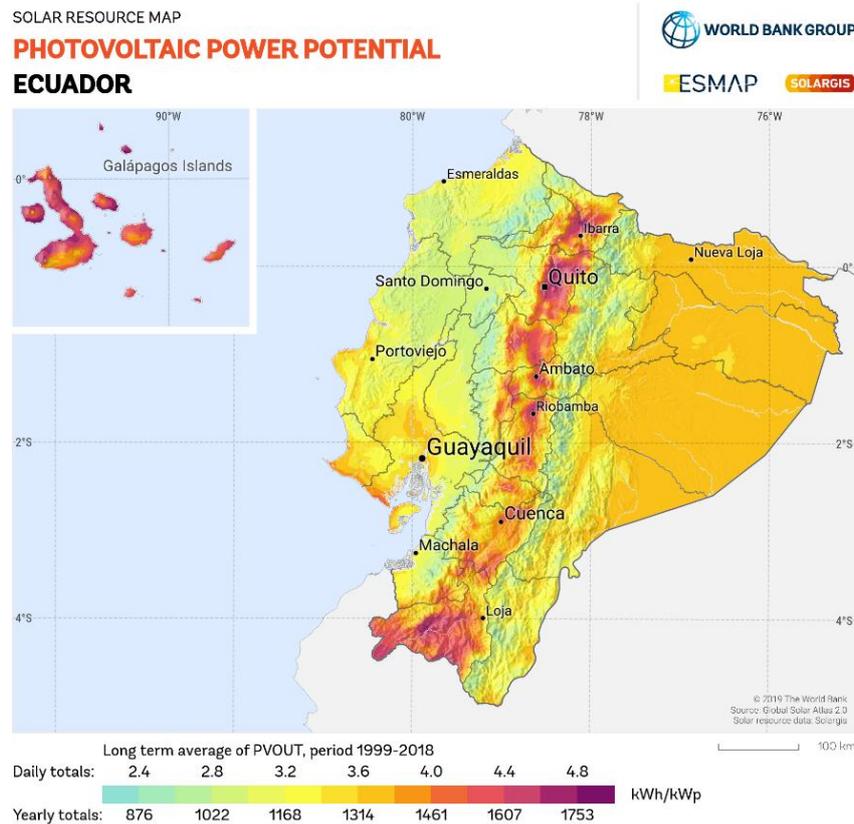
oportunidades para la floricultura del país que busca la sostenibilidad; inversionistas internacionales ya están haciendo acercamientos al sector para proyectos de generación de energía solar fotovoltaica.

1.4.1. Energía solar fotovoltaica

La generación de energía a través de la radiación solar por medio de paneles fotovoltaicos es considerada como la alternativa más prometedora en el negocio de la energía renovable. En comparación con la energía de fuentes hidroeléctricas, la energía solar tiene una menor repercusión ambiental porque no altera cursos de agua para la construcción de presas (en el caso de la energía hidroeléctrica) y porque no se ve limitada debido a periodos de sequía. Además, los costos de mantenimiento y de operación son mucho menores y, si comparamos la energía fotovoltaica con la energía eólica, no se produce ruido. El éxito del uso de esta alternativa está determinada por la eficiencia, vida útil, costo y el beneficio ambiental (Sampaio & González, 2017).

Ecuador está privilegiado con sus condiciones ambientales para este tipo de alternativa energética, las zonas de producción de rosas más importantes en el país coincidentemente se ubican en las zonas con mayor potencial de energía fotovoltaica (figura 2.). Además, las infraestructuras de las postcosechas o reservorios tienen las características ideales para la implementación de paneles fotovoltaicos.

Figura 2 Mapa del Ecuador respecto el potencial de energía fotovoltaica



Fuente: Solargis, 2019

1.4.2. Energía solar térmica

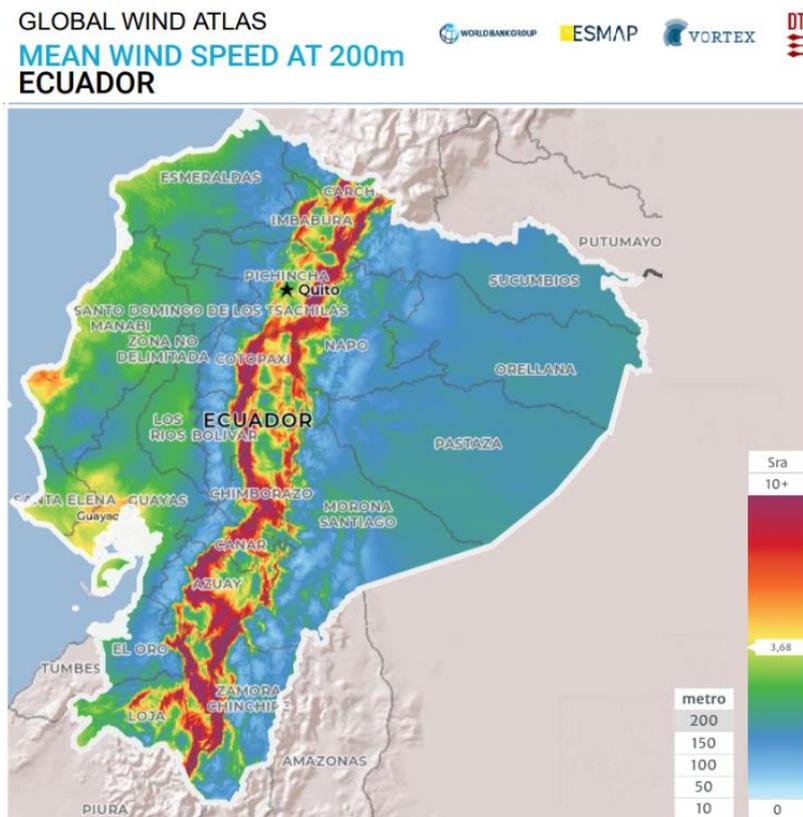
La energía solar térmica al igual que la fotovoltaica utilizan la irradiación solar pero, Prieto (2020) explica que a diferencia de la energía fotovoltaica en la que se transforma los rayos de sol en electricidad directamente, en esta alternativa se capta la energía del sol y se transforma en energía térmica para su uso. Con este tipo de energía las empresas florícolas podrían calentar agua para desinfección de suelos minimizando el uso de productos químicos. Además, se puede generar vapor de agua para mejorar las condiciones de humedad relativa al interior de los invernaderos en épocas de helada.

1.4.3. Energía eólica con microturbinas

El viento es un recurso ambiental utilizado desde hace muchos años como fuente de energía renovable con gran crecimiento en el 2016; después de la energía hidroeléctrica es la segunda con mayor factor de capacidad. El inconveniente con esta tecnología es que se requiere de velocidades de viento entre 8 y 12 m/s sino su eficiencia se podría ver negativamente afectada (Núñez, 2018).

Además, existen otros inconvenientes al utilizar este sistema por el ruido que se genera, impacto visual y el daño a la avifauna (Aguilar S & Garzón B, 2017). De acuerdo con el mapa en la figura 3 se puede observar que las zonas de producción de rosas no disponen del promedio de velocidad de viento ideal, la mayoría de las fincas se encuentran en zonas poco ventosas de 3,6 m/s (DTU et al., 2021).

Figura 3 Mapa de velocidad media de viento



Fuente: DTU et al., 2021

1.4.4. Energía con Biomasa

Los desechos vegetales resultantes de los procesos productivos en floricultura en la actualidad son transformados a compostaje o, mediante procesos de lombricultura a humus (fertilizante natural que mejora las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo) para ser reincorporados al suelo con el fin de mejorar su estructura y el contenido de materia orgánica, en épocas de cortes puede llegar a acumularse cierta cantidad que se vuelve inmanejable para la finca pero, que también pueden ser una oportunidad energética debido al aprovechamiento de gases resultantes de los procesos de descomposición.

El uso de biomasa como energía renovable es un nuevo modelo energético más rentable y sostenible, que demanda medidas de seguridad pero, es una buena alternativa para reducir la dependencia a los combustibles fósiles (Nabais et al., 2017). Los residuos de tallos y hojas en la floricultura tienen un alto potencial energético. Los tallos de las rosas han demostrado tener uno de los valores caloríficos más altos (18,520 kJ/kg) para la producción de biogás de acuerdo con la investigación realizada por Frankowski y et al. (2020) y, es otra de las alternativas económicamente viables y prácticas para el sector florícola que puede aprovecharse para la generación eléctrica y el calentamiento de agua para desinfección de suelos.

1.5. Indicadores Ambientales

Los impactos de las actividades humanas en la naturaleza son constantemente estudiados para tomar medidas y acciones de minimización o de compensación. Los indicadores ambientales en estos impactos constituyen instrumentos con la capacidad de mostrar y evaluar las diferentes situaciones ambientales (Ávila M, 2007). Existen un sin número de indicadores ambientales y la selección de los indicadores depende de las características del estudio.

1.5.1. Indicadores de Sostenibilidad Ambiental

La sostenibilidad ambiental tiene diferentes orígenes. En todos ellos, en un menor o mayor grado lo integran tres dimensiones: sociedad, ambiente y economía. A partir de estas dimensiones se han generado 3 metodologías diferentes de evaluación: Límites planetarios, que evalúa los impactos ambientales tomando como límite del sistema a la tierra, análisis del ciclo de vida en donde se cuantifica el consumo de recursos y emisiones y, las metas de desarrollo sostenible que usa de referencia los ODS para la definición de indicadores en un contexto regulatorio. El análisis del ciclo de vida se aplica a sistemas de productos, los ODS aplican a nivel sectorial y nacional y, los Límites planetarios a nivel regional y global. Para definir los mejores indicadores a utilizar es importante contestar 3 preguntas: ¿Cuál es el sistema y sus límites ?, ¿Cuál es la escala de tiempo? y, ¿Qué calidad del sistema se mantendrá o mejorará? (Dong & Hauschild, 2017).

Considerando la metodología de los ODS, a nivel regional podemos identificar que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL ha establecido 56 indicadores para ser orientados a los sistemas productivos en America Latina y el Caribe (Cervera-Ferri & Ureña, 2017). Por otro lado, al nivel del sector de producción de flores, existe una iniciativa que ha definido indicadores de sostenibilidad, el FSI (Iniciativa de Floricultura de Sostenible).

Los indicadores del FSI se enfocan en la medición de recursos como la energía, uso de fertilizantes y agroquímicos para identificar el impacto debido la actividad (FSI, 2020) y parten del análisis del ciclo de vida. El análisis del ciclo de vida, es una metodología muy nueva en Ecuador y más aún en la floricultura del país, Bonaguro y et al. (2016), refieren que las aplicaciones de esta metodología han tomado fuerza en la agricultura. Sin embargo, y debido la gran cantidad de datos que se requiere, estos estudios en floricultura aún son muy raros. Pero, existe un indicador que es evaluado en ciclo de vida de un producto porque tiene influencia

directa y que, además, es demandado por los mercados consumidores de flores, la Huella de Carbono. La huella de carbono es un indicador que abarca todas las emisiones de GEI que son producidas en todo el ciclo de producción y es “expresado en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq)” (Guallasamin & Simón, 2018, p.30). En agricultura, la evaluación de este indicador es importante para fortalecer la rentabilidad económica y social porque permite encontrar alternativas sostenibles desde los focos de emisión (Roig B, 2016).

La medición del componente energético a través de la huella de carbono requiere de una transformación mediante un factor de emisión que convierte el consumo energético en kWh en la unidad de medida de la huella de carbono. El Ecuador ha calculado su propio factor de emisión para el sistema eléctrico nacional interconectado, siendo para el 2019 de 0,4509 tCO₂/MWh. Este factor corresponde al factor del margen de operación que está estimado mediante la operación de las centrales conectadas a red en el 2019 y permite la estimación de GEI por consumo de energía eléctrica y el cálculo de la huella de carbono de empresas (Ministerio del Ambiente, 2019).

1.5.2. Indicadores Energéticos

Entre algunos indicadores energéticos desarrollados para el sector florícola encontramos el propuesto por el FSI que mide: Cantidad total de energía utilizada en la producción (kWh) por hectárea cultivada, en esta metodología de cálculo se debe diferenciar las fuentes renovables y no renovables de energía (FSI, 2020), esta metodología es sencilla y no amerita ninguna fórmula extensa de cálculo. Si tomamos en consideración la medición de la huella de carbono desde el protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) con el alcance de emisiones directas asociadas a la electricidad, también es un indicador energético porque nos puede permitir “valorar los riesgos y oportunidades asociadas a los cambiantes costos de electricidad y emisiones de GEI”(Roig, 2016, p.9).

Por otro lado, Colombia, mediante su certificación Flor Verde Sustainable Flowers, ha desarrollado ciertos indicadores para cultivos de flores y ornamentales. Entre ellos se encuentra el indicador de Consumo de energía (Ce) que determina el consumo mensual de energía utilizada en el proceso productivo por hectárea, considerando como fuentes de energía la eléctrica, el ACPM-aceite combustible para motores o petrodiesel, la gasolina, el gas y el carbón. Su unidad de cálculo son kilovatios-hora/hectárea (kWh/ha) (Vivas, 2006). Este indicador se utilizará como referencia en el desarrollo del indicador para Ecuador.

1.6. Eficiencia energética

De acuerdo con la Norma INEN 50001, la eficiencia energética es definida como la “proporción u otra relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicios, productos, materias primas o, de energía y una entrada de energía” (INEN, 2019, p8). La eficiencia energética supone el uso eficiente de recursos energéticos y su minimización en cantidad debido las emisiones de carbono que están asociadas al origen de la energía (Shove, 2018).

Las instituciones gubernamentales son las responsables de la implementación de políticas energéticas que mejoren la eficiencia energética en los diferentes sectores productivos (Sun y et al., 2019) pero, también depende de estos sectores trabajar sobre el uso eficiente de este recurso. El Plan Maestro de Electricidad busca modificar la matriz energética del país con el aprovechamiento de recursos renovables, entre las estrategias que se plantean está la instalación de centrales de generación hidroeléctrica, eólica, fotovoltaica y centrales eficientes de generación termoeléctrica”(MERNNR, 2019, p.59) acciones que buscan fortalecer la sostenibilidad del sector energético. Cualquier empresa podría implementar sistemas de eficiencia energética con la norma INEN 50001 logrando mayor competitividad en las empresas, la reducción de costos relacionados y soluciones reales al cambio climático (INEN, 2019).

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Selección de Muestra

Esta investigación fue desarrollada en 4 empresas florícolas del Ecuador que corresponden a 5 fincas productivas. Para la selección de esta muestra se tomó como base la información disponible de Expoflores en donde se explica la distribución de las empresas, en función de los parámetros establecidos por la Comunidad Andina CAN. De acuerdo con esta clasificación, presentada en la tabla 1., existe un mayor número de empresas en la categoría de Microempresas, pero, esta categoría solo representa 301,13 hectáreas productivas. El mayor número de hectáreas productivas se encuentra entre las medianas y grandes empresas.

Por este motivo se ha considerado una muestra de 3 empresas en la categoría de Medianas y 1 empresa en la categoría de Grandes. Estas empresas, además, se ubican en las zonas representativas de producción como son: catón Cayambe y Pedro Moncayo en la zona sierra norte y, en la zona sur a Saquisilí y Latacunga. Las 4 empresas comparten las mismas características en procesos productivos, es decir manejan proceso de cultivo, cosecha y postcosecha y, su principal producto, en la gran mayoría el único, es la rosa. La única consideración para tener en cuenta es que, en el caso de la empresa grande, esta cuenta con dos fincas una en Tabacundo y otra en Latacunga que serán analizadas por separado.

Tabla 1 Categorización de fincas florícolas por hectareaje

Categoría	Rango de ha.	Personal ocupado	Productores	Participación productores	ha. totales
Micro	0,01-0,81	1 a 9	1270	72%	301,13
Pequeñas	0,81-4,45	10 a 49	244	14%	452,37
Medianas	4,45-18,09	50 a 199	171	10%	1576,68
Grandes	De 18,09 en adelante	>=200	68	4%	2717,75
	Total		1753	100%	5047,93

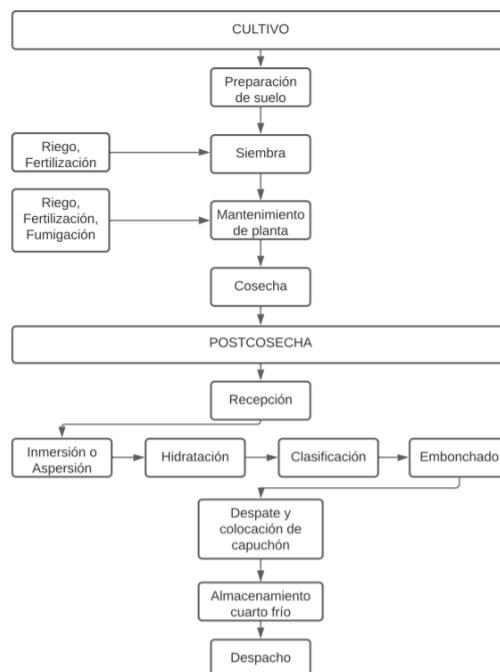
Fuente: Expoflores

2.2. Diagnóstico energético

En el proceso de diagnóstico del consumo energético de las empresas, se utilizó como referencia a la Norma ISO 50002 para levantar una línea base de eficiencia energética en cada finca. Con los lineamientos de esta norma, inicialmente se levantó el proceso productivo generalizado para todas las empresas, como se observa en la figura 4. Después se procedió a recopilar información del consumo eléctrico y del consumo de otras fuentes de energía para los diferentes subprocesos. También se realizó un taller con el personal a cargo de las áreas de mantenimiento y con el personal técnico para identificar equipos energéticos y tiempos de uso.

Con esta información se determinó el proceso productivo actual y se realizó la caracterización de las empresas de la muestra, evaluando su comportamiento energético, identificado oportunidades de mejora y parámetros que afectan la eficiencia energética. Finalmente, con todos los datos e información recopilada se realizó el respectivo análisis.

Figura 4 Proceso productivo de la producción de rosas



2.3. *Análisis de datos.*

En la fase inicial de recopilación de información se tomó como base a la planilla eléctrica de la cual se obtuvo toda la información sobre consumo de electricidad en kWh. Se utilizó información de cada mes durante el periodo del año 2019. Además, se levantó información del consumo de diésel y gasolina, así como de equipos y maquinaria utilizada en los subprocesos productivos. Con esta información se realizaron análisis estadísticos que nos permitieron conocer el comportamiento respecto el consumo energético de las empresas, para establecer las alternativas viables durante el plan de eficiencia energética.

Para calcular el impacto ambiental resultante del consumo energético, se desarrolló el indicador de consumo energético para el sector florícola del Ecuador resumido en el Anexo A., (Ficha metodológica del Índice de consumo energético) y, a partir de la evaluación de este indicador para cada finca, se transformó los valores de consumo energético a toneladas de CO₂ equivalente para analizarlo a través de la huella de carbono.

III.RESULTADOS

3.1. *Diagnóstico Energético*

En la muestra seleccionada se puede evidenciar ciertas características que han sido resumidas en la tabla 2. Las fincas en categoría medianas y una de las grandes tienen un sistema de producción “abierto”, es decir, mantienen una producción constante y no planifican un alto porcentaje de cortes programados de flor para las fiestas importantes, esto les permite tener producción de flor todo el tiempo, a diferencia de las fincas con producción cerrada en la que existe al menos un 70-80% de cortes para temporadas. Esta situación es determinante en el consumo energético.

Tabla 2 Caracterización de la muestra de fincas para el estudio

Finca	Ha.	# Trabajadores	Categoría	Ubicación	Tipo de producción	Cultivo
Finca 1	6,0	71	Mediana	Saquisilí	Abierta	Rosas
Finca 2	13,5	147	Mediana	Cayambe	Abierta	Rosas
Finca 3	6,9	62	Mediana	Aláquez	Abierta	Rosas
Finca 4	41,13	363	Grande	Tabacundo	Cerrada	Rosas y Flores de Verano
Finca 5	63	536	Grande	Mulaló	Abierta	Rosas y Flores de Verano

Se ha identificado dos fuentes de energía en las empresas florícolas: electricidad y combustible. En este último se puede diferenciar al diésel y a la gasolina (extra o eco país). De acuerdo con la tabla 3, se puede evidenciar la composición porcentual del uso de estas fuentes energéticas, siendo la de mayor consumo la electricidad debido al uso de equipos que requieren de esta fuente y, a los tiempos de uso.

Tabla 3 Fuentes de energía en fincas florícolas

Fuente	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Electricidad	97%	83%	88%	86%	84%
Diésel	1%	4%	2%	2%	11%
Gasolina y aceite	2%	12%	11%	12%	5%

De todas las fuentes energéticas el mayor costo para las empresas corresponde al uso de electricidad, del costo total de una empresa, el costo del consumo energético, dentro de la muestra se encuentra en un rango del 1,6 % al 1,9%. Ninguna de la empresa en estudio utiliza luz complementaria para la producción, en la tabla 4 se puede evidenciar el costo promedio por kWh del año 2019.

Tabla 4 Costo de electricidad promedio del año 2019

Finca	\$/kWh
Finca 1	\$ 0,11
Finca 2	\$ 0,09
Finca 3	\$ 0,11
Finca 4	\$ 0,07
Finca 5	\$ 0,08

Los principales procesos productivos en la floricultura son: cultivo y postcosecha. Los procesos de apoyo como fumigación, riego, mantenimiento y administración dependen mucho de estos dos procesos. En la tabla 5 a continuación, podemos observar el comportamiento del uso de energía por cada proceso. Fue necesaria la separación de fincas medianas y grandes por sus características. Se evidencia que existe mayor demanda de energía para las fincas medianas en la postcosecha, mientras que existe mayor demanda de energía en cultivo en las fincas grandes.

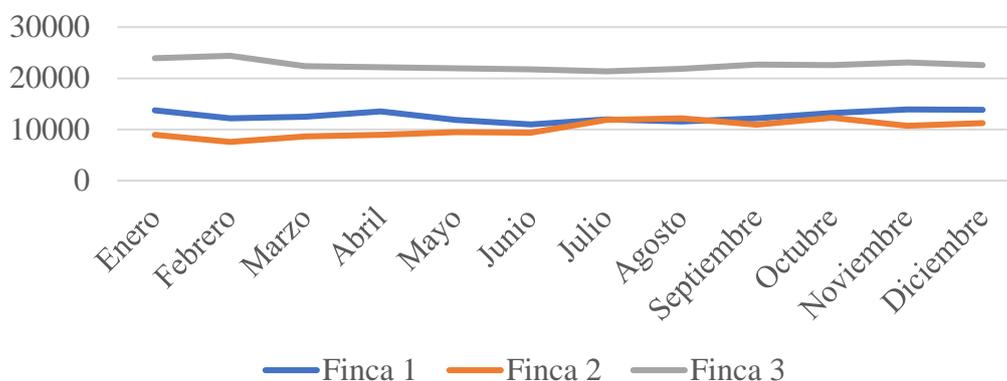
Tabla 5 Uso energético por proceso

Fuente	Consumo energético Medianas		Consumo energético Grandes	
	Cultivo	Postcosecha	Cultivo	Postcosecha
Electricidad	31%	58%	58%	26%
Diesel	0%	2%	6%	1%
Gasolina y aceite	9%	0%	10%	0%
Total	40%	60%	74%	26%

Las épocas de producción más altas han evidenciado el incremento en el consumo de los recursos energéticos. Las temporadas de producción más importantes corresponden al 14 de febrero (San Valentín) y al segundo domingo de mayo (día de las madres). En todos los casos el incremento de la demanda energética se evidencia al menos 3 semanas antes de estas fechas. En las figuras 5 y 6, se presenta el consumo eléctrico de las fincas medianas y grandes, con una clara diferencia, debido a la tendencia de consumo en sistemas de producción abierto (no existen cortes de las plantas programados) versus la variabilidad de consumo en sistema de

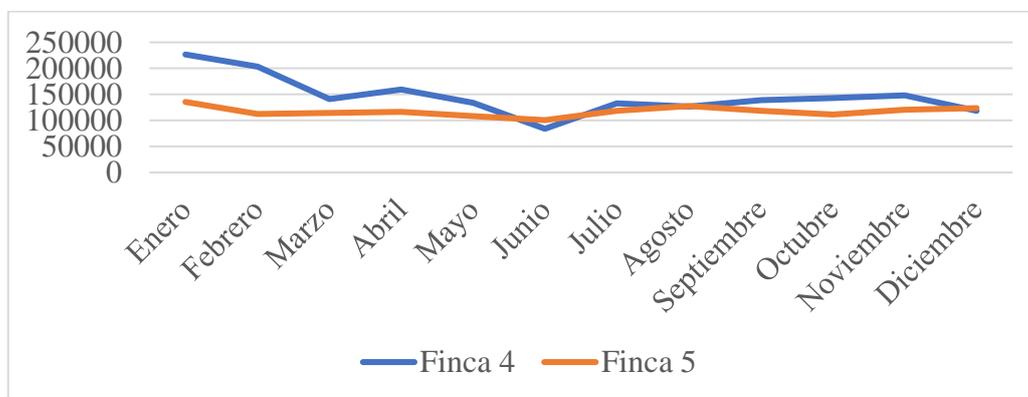
producción cerrado (se programan cortes en las plantas en un 70-80% de toda el área productiva para disponer de gran cantidad de flor en una fecha específica).

Figura 5 Consumo eléctrico en empresas de categoría "mediana"



Partiendo del consumo eléctrico de las empresas que se encuentra detallado en la planilla eléctrica, podemos evidenciar que en la única finca (Finca 4) con producción cerrada (figura 6), los meses de mayor consumo corresponden a: enero, abril y julio. Además, podemos observar que existe una relación directa entre el mayor consumo eléctrico con el tamaño de las empresas. El promedio consumido en el año 2019 de las empresas medianas es de 11400 kWh mientras que el promedio de consumo en la empresa grande es de 125905 kWh.

Figura 6 Consumo eléctrico de las empresas en categoría "grande"



3.1.1. Principales equipos energéticos

En la tabla 6, se presentan los equipos energéticos agrupados en 4 tipos. De todos los evaluados, los equipos energéticos utilizados en bombeo y refrigeración son los que mayor consumo. La tecnificación en el proceso de cultivo para las actividades de riego y fertilización han demostrado el incremento del consumo en las fincas grandes, mientras que las medianas mantienen concentrado su consumo en equipos de refrigeración y en menor medida en sistemas de bombeo. El menor uso energético en todos los casos corresponde al equipo de generación de energía ya que es utilizado únicamente cuando existen fallos en la distribución de luz, un problema poco recurrente en las zonas de estudio.

Tabla 6 Consumo promedio en kWh-mes de los equipos energéticos.

Equipo	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Bombeo	3457,66	2380,55	9157,00	87122,31	67024,50
Refrigeración	9089,36	7017,52	11762,70	37426,79	22456,07
Maquinaria	669,95	2832,94	1946,18	20284,67	17112,73
Generador	110,00	308,70	385,00	1012,00	377,28

3.2. Indicadores de consumo energético

Bajo la evaluación del índice de consumo energético, desarrollado en esta investigación, se ha facilitado la comparación del consumo energético entre la diversidad de empresas florícolas que existen en el país, en periodos mensuales y anuales. En la tabla 7 evidenciamos el cálculo y el resultado del índice de consumo energético para la muestra en el año 2019. Los resultados que se presentan corresponden a los valores acumulados del año 2019 de las diferentes fuentes energéticas.

Las fincas grandes tienen un elevado consumo energético por hectárea mientras que en las fincas medianas el consumo por hectárea es menor y, entre ellas muy similar. El área total considerada para este índice corresponde al hectareaje productivo de las empresas, es decir al que se encuentra cultivado.

Tabla 7 Índice de consumo energético.

	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Electricidad (kWh)	151529	270795	122085	1756449	1409034
Diesel (l)	433	2400	5113	3898	40882
Gasolina (l)	1084	3840	635	14668	23957
Ct	15007	62342	60319	182292	663587
At (ha)	6	13	6	41	63
ICe (kWh.año/ha)	27756	24676	26435	47136	32898

Respecto el indicador de Huella de Carbono, en el que se consideró la medición de CO₂ generado solo por la electricidad por ser la mayor fuente energética de las fincas florícolas, se puede encontrar una relación directa con el índice de consumo energético y con el número de hectáreas (tabla 8). Mientras mayor consumo eléctrico tiene una finca mayor también será la generación de CO₂ a la atmósfera, la finca 1 a pesar de que tiene menor ICe que la finca 5, emite más CO₂.

Tabla 8 Toneladas de CO₂ generadas por el consumo eléctrico año 2019.

	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Ton CO ₂ /ha (Actual)	11,39	9,04	7,98	19,26	10,08

IV.DISCUSIÓN

4.1. El consumo energético del sector florícola

Los equipos eléctricos para bombeo en el proceso de cultivo y, los equipos eléctricos de refrigeración en el proceso de postcosecha definen el consumo energético en el sector florícola ecuatoriano. En base con la Guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el subsector floricultor de Colombia (BID et al., 2011), podemos ver que existe una diferencia clara entre la matriz energética de la producción de flores ecuatorianas de las colombianas. En el caso de Ecuador, no existe uso de carbón vegetal en la producción gracias al sistema eléctrico del país

y a la disponibilidad de conexiones en las empresas florícolas. De la evaluación realizada por Fernández & Montoya (2014) , el consumo de una finca productora de flores en Colombia en el año 2013 fue de 1070,2 kWh, mientras que en Ecuador el consumo promedio del año 2019 de fincas medianas es de 14949 kWh, es decir un 93% más.

El costo eléctrico es relativamente bajo y puede ser una de las razones por las que no se ha hecho énfasis en proyectos de autogeneración eléctrica dentro del sector. Los resultados obtenidos en esta investigación respecto el costo de producción por electricidad coinciden con Fernández (2016) quien indicó que era del 2 %. Los costos por energía en el país son bajos comparados con Colombia. En nuestro caso el valor promedio en las fincas fue de \$0,09/ kWh, mientras que en Colombia es de \$517 a \$565 pesos colombianos (Restrepo y Peláez, 2018), es decir de \$0,14 a \$0,15 centavos de dólar.

Por otro lado, el uso de combustibles fósiles representa un muy bajo porcentaje de uso, a pesar de ser un sistema agrícola con gran tecnificación. Los equipos en su mayoría son eléctricos y, los equipos con fuente de energía como la gasolina no tienen un impacto significativo por la frecuencia de uso y por su potencia. Los generadores, como equipos de alto consumo de diésel, solo son equipos de prevención en caso de alguna desconexión eléctrica y, su uso se destina a mantener los cuartos fríos. Por ello su consumo es muy bajo; en todas las empresas, la mayor parte del tiempo, estos equipos se encienden solo por mantenimiento ya que los cortes de luz no son frecuentes.

El índice de consumo energético resume la matriz energética del sector y evidencia que la extensión productiva si influye en una mayor demanda de recursos energéticos, así como la tecnificación. Por esto el uso de tecnologías “limpias” o verdes son necesarias a considerar para este sector en su plan de eficiencia energética. Los modelos de producción cambian conforme la disponibilidad de tecnología, pero también lo hacen de acuerdo con su demanda y, bajo la

realidad en la que nos encontramos, se necesita modelos sostenibles con tecnología verde (Sun et al., 2019).

4.2. *Impacto del consumo energético sobre la huella de carbono.*

De acuerdo con los resultados obtenidos por Guallasamin y Simón-Baile (2018) en el año 2018 la emisión de CO₂ fue de 23,8 tCO₂eq/ha y la electricidad representó el 13,43% de las emisiones mientras que en la presente investigación los valores variaron ampliamente entre los tipos de finca (tabla 8). Por otro lado, en los resultados obtenidos por Fernández & Montoya (2014) la generación de CO₂ en una finca colombiana no alcanza el 1%, porcentaje que sugieren es insignificante para esta región.

4.3. *Plan de Eficiencia energética para el sector florícola*

Con los resultados de esta investigación se han podido definir al menos tres líneas de trabajo en el sector florícola para diseñar un Plan de Eficiencia Energética, que se respalda en el Art 15. De la Constitución de la república del Ecuador en el que se detalla lo siguiente:

El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, p24.)

Y, así mismo, en base al Art. 83. Inciso 6. De la Constitución, en donde se explica que todos y todas las ecuatorianas, somos responsables de respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible. Como un importante sector productivo para el país a través de un Plan de Eficiencia Energética se pueden establecer lineamientos para un trabajo coordinado que permita minimizar el impacto ambiental que genera el uso de energías no renovables.

El Plan de Eficiencia energética para el sector de producción de flores de Exportación considera los siguientes aspectos:

1. Implementación de una política de eficiencia energética sectorial: A través de la certificación Flor Ecuador es posible implementar una política de eficiencia energética que comprometa a las fincas certificadas a trabajar sobre proyectos de eficiencia energética.

2. Monitoreo de indicadores energéticos: El sistema de indicadores de sostenibilidad del sector floricultor podrá implementar el nuevo indicador de Consumo energético para evaluar su comportamiento y levantar planes de acción a favor del uso eficiente de este recurso.

3. Migración hacia alternativas sostenibles en el mediano y largo plazo y control en equipos eléctricos: Con el conocimiento claro del comportamiento energético y la matriz energética de este sector se han planteado a continuación alternativas tecnologías y mecanismos de control en los principales equipos energéticos.

4.3.1. Alternativa para la autogeneración de energía en el sector florícola

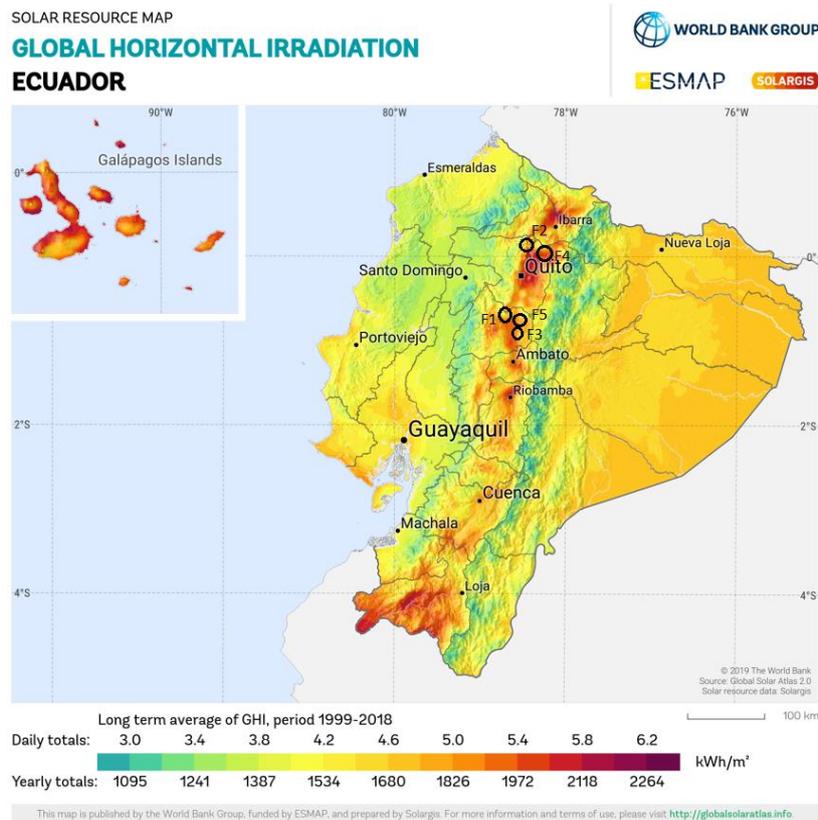
La energía es un recurso indispensable para la producción y por consiguiente para el desarrollo de los países; el gobierno ecuatoriano ha entendido esta importancia y ha destinado grandes esfuerzos y recursos para su generación pero, también ha entendido la necesidad de energías de fuentes renovables, por ello ha desarrollado políticas bajo estrategias y medidas para incentivar la generación desde la industria y desde los hogares con opciones no convencionales como: fotovoltaica, eólica, biomasa, entre otras (Crespo & Peralta, 2019).

Desde la Constitución ecuatoriana del 2008 se crean leyes y reglamentos para la gestión del sector eléctrico, las principales son: Ley Orgánica del servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE), el Reglamento a esta ley y la Ley de eficiencia energética. Partiendo de la última, la ARCONEL creó a finales del 2018 y, reformó la regulación No. 003/18 que trata sobre la micro generación voltaica, y a partir de esta regulación para el año 2021 entran en vigor dos nuevas regulaciones: ARCERNNR-001/2021 y ARCERNNR-002/2021 para sistemas de generación de hasta 1MW en consumidores regulados que buscan el autoabastecimiento; sin

lugar a duda una oportunidad para la transformación de los sistemas de producción con el uso de energía renovable.

Gracias a las características de radiación en la zona sierra centro y norte (figura 7), se ve como una oportunidad el uso de tecnología fotovoltaica para ser conectada a la red nacional, de manera que las empresas puedan disminuir sus costos y ser un referente al mercado de sostenibilidad energética, los valores de irradiación de las zonas productoras de rosas son una ventaja no solo para el crecimiento de la flor sino para la generación de energía. De acuerdo con lo expuesto por Crespo & Peralta (2019), el Ecuador está privilegiado para la recepción de energía solar porque la radiación incide de manera casi perpendicular y permite disponer de una “relativamente” constante insolación para la recepción desde los paneles fotovoltaicos.

Figura 7 Mapa de Irradiación solar del Ecuador



Fuente: Solargis, 2019

Bajo las condiciones de radiación de las empresas en estudio, que pueden ser revisadas a detalle en el Anexo B, y usando la herramienta en línea Global Solar Atlas, se presenta en la tabla 9, la cantidad de kWh que se podría generar en el año con paneles fotovoltaicos de acuerdo con la reglamentación vigente. Todas las empresas de esta muestra podrían compensar entre el 90 al 100% el uso actual de su energía eléctrica, a través de la generación fotovoltaica una alternativa viable técnicamente. Debido el alto costo que puede suponer para el productor una inversión en esta tecnología, se podría proyectar su implementación en fincas florícolas en algunas partes: 1. Electricidad para áreas administrativas, 2. Electricidad para el proceso de post cosecha y 3. Electricidad para los sistemas de bombeo.

Tabla 9 Cálculo generación eléctrica con alternativa fotovoltaica.

Finca	kWh. Año	PVOUT	kWp	kWp ajustado	kWh. Año
Finca 1	151529	1584,7	95,62	100	153406
Finca 2	270796	1643,6	164,76	170	274054
Finca 3	122085	1544,5	79,04	80	118809
Finca 4	1756449	1569	1119,47	1000	1517000
Finca 5	1409034	1552	907,88	930	1394000

En la tabla 10, se evalúa y estiman los valores para cada finca respecto a la implementación de un sistema fotovoltaico con las características de consumo eléctrico actuales y podemos evidenciar que el costo actual podría disminuir considerablemente entre el 60% y 70%.

Tabla 10 Estimación del costo de implementación de un sistema fotovoltaico.

Finca	kWh. Año	Costo \$	Dimensión sistema m2	Costo energía \$ (20 años)	Costo actual \$
Finca 1	153406	80000	764,96	0,03	0,11
Finca 2	274054	136000	1318,06	0,02	0,09
Finca 3	118809	64000	632,36	0,03	0,11
Finca 4	1517000	800000	8955,76	0,03	0,07
Finca 5	1394000	744000	7263,06	0,03	0,08

Por otro lado, como se ha evidenciado que en la producción florícola del Ecuador la electricidad es la fuente energética principal de generación de CO₂ y la segunda, después del uso de fertilizantes y agroquímicos, con la implementación de este sistema de autogeneración, se estima que una empresa podrá disminuir entre un 45%- 50% la generación de CO₂ anual por electricidad ya que el factor de emisión utilizado por ser fuentes renovables pasa a ser de 0,2449 tonCO₂/MWh según la información proporcionada por el Ministerio del Ambiente (2019), casi la mitad de lo que es para sistemas no renovables (0,4509 tonCO₂/MWh).

Tabla 11 Cuadro comparativo entre de la emisión de CO₂ con sistema eléctrico actual versus un sistema eléctrico fotovoltaico.

	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Ton CO ₂ /ha (Actual)	11,39	9,04	7,98	19,26	10,08
Ton CO ₂ /ha (Sistema Fotovoltaico)	6,26	4,97	4,22	9,03	5,42

4.3.2. Eficiencia energética en sistemas de bombeo

El sector florícola utiliza el sistema de riego más eficiente (por goteo), este sistema permite dar pulsos de acuerdo con la necesidad del cultivo y factores climáticos, lamentablemente por los crecimientos no planificados en las empresas florícolas, las fincas disponen de bombas en diferentes estados, entre ellas bombas antiguas con más de 10 años, estos equipos son los responsables de pérdidas energéticas ya que debido su capacidad son ineficientes y además son responsables de bajos factores de potencia según Echeverría (2003), por ello se deben cambiar equipos antiguos conforme características de eficiencia en uso de agua y de uso de energía para permitir el ahorro de recursos.

Una situación importante a controlar son las fugas de agua en los sistemas de bombeo ya que repercuten en el funcionamiento de los equipos y principalmente en su vida útil (Estacio, 2005) para esto es importante la revisión constante del estado de los equipos. La eficiencia energética en los sistemas de bombeo se enfoca en actividades prácticas y sencillas que

permitan ser más eficientes no tanto en el cambio del sistema de riego (por goteo) sino en el uso de la fuente energética.

Por otro lado López y Trejo (2014) han señalado que en estas bombas se debe considerar el uso de variadores de velocidad para ahorro energético y control de procesos, estos variadores pueden regular y mantener el flujo producido por la bomba que podría ser mayor al necesario logrando también un ahorro de energía. De acuerdo con lo expuesto por Nikolaev y citado en Os'kin et al. (2017), estos variadores de velocidad o accionamientos eléctricos teóricamente pueden permitir un ahorro de energía entre el 8 y 12% e incluso llegar al 20-25 %. En la investigación de Os'kin et al (2017), el valor teórico calculado para la eficiencia de energía en un sistema de riego fue del 56% pero, explica que si algunos indicadores de la eficiencia de los elementos del sistema son llevados al óptimo la eficiencia total podrá llegar al 72%,

En base a los resultados obtenidos por López G & Trejo C (2014), después de la implementación de un sistema de bombeo óptimo para una empresa florícola del Ecuador lograron no solo disminuir el consumo eléctrico de 656304 kWh en el año 2012 a 157780 kWh en el año 2013 (75% de ahorro), sino que lograron también ser más eficientes en el uso del agua disminuyendo el consumo en un 8%. Los autores de esta investigación aclaran que se puso mayor detalle en el sistema de control de presión y caudal, el sistema diseñado fue completamente nuevo.

Las empresas pueden realizar evaluaciones internas y verificar el estado de sus bombas y del sistema en general para tomar acciones encaminadas a la eficiencia de agua y de energía, el porcentaje de eficiencia energética que tenga una finca después de aplicar una o varias correcciones será relativamente variable conforme las condiciones de cada sistema.

4.3.3. Eficiencia energética en sistemas de refrigeración

En la mayoría de las fincas dentro de la muestra se evidenció el uso de refrigerantes del tipo R-22, un gas que a partir del año 2030 debe dejar de usarse en Ecuador, por su impacto sobre la capa de ozono y porque Ecuador ha hecho un compromiso bajo el protocolo de Montreal (Barleta y Acevedo, 2020). El uso de este refrigerante (R-22) para el funcionamiento de los cuartos fríos se evidenció en las instalaciones antiguas de algunas fincas en evaluación por lo que es importante que las empresas cambien el sistema de refrigeración al menos con refrigerantes del tipo: R422D o R507. Además, se debe tener un control de temperatura y humedad en los cuartos fríos para garantizar la temperatura ideal y el buen funcionamiento de los equipos eléctricos.

Por otro lado, de acuerdo con el comportamiento de producción, que tiene un incremento en las fechas importantes como: día de la madre, día de la mujer y Valentín, se podría pensar en sistemas de refrigeración inteligentes que se auto regulen para mantener el área fría de acuerdo con la cantidad de flor o zonificar la distribución de frío según la disponibilidad de flor (BID et al., 2011).

En la refrigeración, los compresores son parte vital cuando se busca alternativas de eficiencia energética. Los compresores son las máquinas que trabajan con el 80% de la energía que se consume para todo el sistema de refrigeración (Sharma & Mattoo, 2020). El control óptimo de este equipo puede reducir la demanda de energía para refrigeración (Widell & Eikevik, 2010), de acuerdo con la Guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el subsector floricultor, los compresores tipo tornillo podrían regular el flujo del refrigerante del 10 al 100% (BID et al., 2011). Además, se puede considerar la incorporación de un variador de velocidad para regular la capacidad del compresor disminuyendo las pérdidas de energía al 3% en esta parte del sistema (Vales, 2015)

La vida útil de los equipos determina los porcentajes de eficiencia energética (Vales, 2015), por ello Estacio (2005) demostró que cambiando el sistema de refrigeración antiguo de una finca florícola por uno actual se puede ahorrar hasta un 96% de consumo en kWh por día de uso. La importancia del mantenimiento preventivo en sistemas de refrigeración para aumentar la vida útil de los equipos sugiere que es posible alcanzar un ahorro del 10% en operaciones modernas y hasta un 15% en operaciones más antiguas (Fritzon y Berntsson, 2006 citado en Cuisano et al., 2020).

4.3.4. Sistema de Gestión energética

Si bien es cierto, los modelos de gestión basados en normas ISO no siempre son considerados en los sistemas productivos agrícolas por la complejidad y disponibilidad de recursos, pero si deben ser considerados como una guía práctica para mejorar los procesos. Lo importante antes de su implementación es contar con la alta gerencia y su involucramiento para la toma de decisiones, porque esto complementado con la actuación y verificación podrán permitir la mejora continua. En la tabla 12, se resumen las propuestas de mejora evaluadas en los apartados anteriores que deben ser incluidos en las oportunidades de mejora dentro del sistema de gestión energética de las fincas.

Importante hacer énfasis en la limpieza de equipos especialmente en los que no se tiene un fácil acceso como: compresores, ventiladores, motores de los cuartos fríos y bombas en general. En las instalaciones eléctricas por falta de mantenimiento se originan fallas en los equipos por deterioro de conductores y protecciones que involucran pérdidas energéticas, por esto se debe considerar planificaciones periódicas para el adecuado mantenimiento (Tirira, 2020).

Tabla 12 Oportunidades a considerar en las fincas florícolas para ahorros energéticos

Sistema	Oportunidades	Ahorro de energía esperado
Bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • Corrección de fugas de agua. • Limpieza de goteros y mangueras de riego. • Control de presión de agua. • Evaluar capacidad de bombas para zonas lejanas de riego o fumigación. • Implementación de variadores de velocidad. • Limpieza de motores. • Mantenimiento Preventivo en instalación eléctrica del sistema (cuadro eléctrico). 	8- 12%
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de refrigerante del R22 por uno más eficiente. • Zonificación de distribución de frío conforme disponibilidad de flor en cuarto frío. • Evaluación del funcionamiento del compresor. • Incorporar variadores de velocidad en compresores. • Limpieza de ventiladores. • Evaluar vida útil de equipos energéticos. 	10-15%

Luego de estas correcciones sugeridas en la tabla 12 y con los ahorros mínimos y máximos esperados, las empresas también podrán disminuir su índice de consumo energético entre el 12 y 25% y huella de carbono entre un 18 a 27% tal como se detalla en la tabla 13. A partir de esta primera corrección se puede dimensionar los sistemas fotovoltaicos con un nuevo ahorro en la inversión inicialmente propuesta.

Tabla 13 Comparativo de consumo energético, índice de consumo energético y huella de carbono después de las oportunidades de mejora propuestas

Finca	Energía consumida sistema tradicional (kWh)			Índice de consumo energético (kWh.año /ha)			Impacto en Huella de Carbono (Ton CO2/ha)		
	Actual	Esperado		Actual	Esperado		Actual	Esperado	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
1	151529	124254	110616	27756	23210	20937	11,39	9,34	8,31
2	270796	222052	197681	24677	21066	19261	9,04	7,42	6,60
3	122085	100110	89122	26435	23251	21658	7,98	6,54	5,82
4	1756449	1440288	1282208	47137	39450	35607	19,26	15,79	14,06
5	1409034	1155408	1028595	32899	28873	26860	10,08	8,27	7,36

V. CONCLUSIONES

El diagnóstico energético del sector florícola demuestra una matriz energética con uso principal de energía eléctrica y evidencia la viabilidad para transformar esta fuente energética con tecnología amigable para el ambiente; aunque los costos de estas tecnologías pueden representar una limitante para su implementación, se debe evaluar opciones de financiamiento a través del gremio o, la búsqueda de proyectos con fondos internacionales para incorporar estas tecnologías; gracias a la normativa que permite el autoabastecimiento inclusive se puede considerar programas de asociatividad entre empresas.

Los diagnósticos particulares y el monitoreo del consumo energético en los diferentes procesos son importantes para identificar oportunidades de mejora e implementar planes de acción con el fin de ser más eficientes con los consumos energéticos porque estos, además influyen en la menor generación de GEI (gases efecto invernadero) y en la disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Los programas de mantenimiento en instalaciones y equipos energéticos son actividades relevantes en la búsqueda de la eficiencia energética ya que pueden permitir un ahorro energético de al menos un 18% y en sistemas de bombeo un ahorro de agua en al menos un 8%, como se ha evidenciado existen soluciones sencillas y prácticas que pueden mejorar el rendimiento de los equipos y alargar su vida útil. Es importante hacer énfasis en la verificación de las condiciones de equipos antiguos para provisionar cambios en caso de ser necesario porque podrían mejorar el rendimiento energético en un 90%.

Una vez que se evalúen las oportunidades de mejora planteadas y otras que las empresas hayan identificado se podría evaluar el sistema fotovoltaico para dimensionar conforme el consumo optimizado, esto permitirá además tener un control sobre el gasto de energía en cada equipo.

VI. REFERENCIAS

- Aguilar G, A. A. (2017). *Propuesta de Utilización Paneles Solares, en Florícolas de la Parroquia Tabacundo, Cantón Pedro Moncayo, como mitigación al cambio climático, estudio de caso: Florícola "Bella Rosa"*. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Aguilar S, A. F., & Garzón B, J. D. (2017). *Viabilidad de Generación de Energía Eléctrica a través de una turbina eólica de baja potencia para la sede de Bosa Porvenir*. Tesis de pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Aguirre P, J. Z. (2018). *Análisis De La Matriz Energética Ecuatoriana Y Plan De Desarrollo Energético Sostenible Para La Ciudad De Machala* [Tesis de maestría. Universitat Politècnica de Valencia, España]. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/106306>
- ARCONEL. (2019). Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas de Distribución - Servicio Público de Energía Eléctrica. Periodo: Enero-Diciembre 2020. *Resolución Nro. ARCONEL – 035/19, 19, 35.* https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf
- ARCONEL. (2020). *Balance Nacional: Información Estadística.* <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/balance-nacional/>
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial, 20 de Octubre, 173.*
- Ávila M, V. D. (2007). Indicadores ambientales como instrumentos de evaluación de calidad de diseño sustentable. Un enfoque desde la gestión ambiental del desarrollo urbano. En R. Molinos (Ed.), *XXII Jornadas de Investigación: Urbe y Territorio - FADU - UBA Cuarto Encuentro Regional de Investigación y II Seminario Mercociudades: Gestión Urbana* (1ª ed.). <https://www.goodreads.com/book/show/17734116-xxii-jornadas-de-investigaci-n>

fadu-uba-iv-encuentro-regional-de-inves

- Aziz, A., Aziz, M. M., Rashid, S., Rasheed, N., Saeed, T., & Amina. (2020). Comparative Study on Morphological Traits of different hybrid roses under central Punjab conditions. *Journal Agricultural Research*, 58(3), 177–182.
- Barletta, G., & Acevedo, O. (2020). *Buenas prácticas en los procesos de instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado*. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca.
- Barriga M, H. R. (2015). Análisis del balance energético del Ecuador a través de dinámica de sistemas. *Compendium*, 2(4), 61–78.
<http://www.revistas.espol.edu.ec/index.php/compendium/article/view/76>
- BID, OMIN, Caem, & CCB. (2011). *Guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el subsector floricultor*.
- Bonaguro, J. E., Coletto, L., Samuele, B., Zanin, G., & Sambo, P. (2016). Environmental impact in floriculture: LCA approach at farm level. *Acta Horticulturae*, 1112, 419–424.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1112.56>
- Cervera-Ferri, J. L., & Ureña, M. L. (2017). Indicadores de producción verde: Una guía para avanzar hacia el desarrollo sostenible. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 175. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40967-indicadores-produccion-verde-guia-avanzar-desarrollo-sostenible>
- Crespo, J., & Peralta, J. (2019). “*Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la regulación Nro. ARCONEL- 003/18)*” (Vol. 1) [Tesis de pregrado. Universidad de Cuenca, Ecuador].
[http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33564/1/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33564/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf)
- Cuisano, J. C., Chirinos, L. R., & Barrantes, E. J. (2020). Eficiencia energética en sistemas

- eléctricos de micro, pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos. Simulación para optimizar costos de consumo de energía eléctrica. *Información tecnológica*, 31(2), 267–276. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000200267>
- Dong, Y., & Hauschild, M. Z. (2017). Indicators for Environmental Sustainability. *Procedia CIRP*, 61, 697–702. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.173>
- DTU, World Bank Group, ESMAP, & VORTEX. (s. f.). *Global Wind Atlas Mean Wind Speed Map*. Recuperado 11 de septiembre de 2021, de <https://globalwindatlas.info/area/Ecuador>
- Echeverría G, A. G. (2003). *Optimización de cargas y recursos eléctricos propios para granjas florícolas del Cantón Cayambe* [Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7203>
- Estacio A, H. S. (2005). *Estudio de uso eficiente de energía eléctrica en la florícola Pontetresa* [Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5030>
- EXPOFLORES. (2020, diciembre). *Reporte Estadístico mensual*. 1–11. <https://expoflores.com/inteligencia-de-mercados/>
- Fernández A, J. E. (2016). *Propuesta de un sistema de costos por procesos para la empresa Ecuador Unique Collection S.A.* [Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador]. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12960/Trabajo de Titulación.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12960/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1)
- Fernández, F. G., & Montoya, L. M. (2014). La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá-Colombia. *Revista de Tecnología*, 13, 73–86. <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/1858>

- Frankowski, J., Zaborowicz, M., Dach, J., Czekala, W., & Przybył, J. (2020). Biological waste management in the case of a pandemic emergency and other natural disasters. determination of bioenergy production from floricultural waste and modeling of methane production using deep neural modeling methods. *Energies*, 13(11).
<https://doi.org/10.3390/en13113014>
- Freda, R., Borrello, M., & Cembalo, L. (2015). Innovation in floriculture when environmental and economics criteria are conflicting. *Calitatea*, 16((S1)), 110–117.
- FSI. (2020). *Explanatory document on FSI environmental benchmarking*.
http://fsi2020.com/wp-content/uploads/2019/02/20190218-IDH_FSI-Environmental-Benchmarking-criteria-ANNEX.pdf
- Guallasamin C, K., & Simón-Baile, D. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050/ Carbon footprint of the cultivation of roses in Ecuador comparing two methodologies: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24, 27–56.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3091>
- INEN. (2019). *Sistemas de Gestión de la Energía- Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2018, IDT)* (pp. 1–74).
- López G, F. M., & Trejo C, J. C. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de bombeo con óptimo consumo eléctrico e hídrico para Hilse Investments, Finca Florycampo* [Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador].
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4145>
- MERNNR. (2019). Plan Maestro de Electricidad 2019-2027. En *MERNNR Ministerio de Energía y Recursos No Renovables* Ministerio de Energía y Recursos No Renovables.
<https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>

- Ministerio del Ambiente. (2019). Factor de emisión de CO₂ del sistema Nacional Interconectado del Ecuador. *Ministerio del Ambiente*, 53(9), 1689–1699. www.ambiente.gob.ec
- Nabais, A. S., Galvao, J. R., Ascenso, R. M. T., & Leitao, S. A. (2017). Energetic system with biomass and how to mitigate associated problems. *2017 6th International Youth Conference on Energy (IYCE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IYCE.2017.8003741>
- Núñez, A. A. (2018). *Diseño de un concentrador de viento para mejorar el desempeño de las microturbinas eólicas en el ambiente urbano* [Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México]. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1169>
- Operador Nacional de Electricidad-CENACE. (2021). *Informacion Operativa 2021*. Recuperado 11 de septiembre de 2021, de <http://www.cenace.gob.ec/info-operativa/InformacionOperativa.htm>
- Os'kin, S. V., Didych, V. A., & Vozmilov, A. G. (2017). Key ways of energy saving in pump units for melioration and irrigation systems. *2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICIEAM.2017.8076304>
- Prieto, U. (2020). Energía Solar térmica y gas. *Cómo Mejorar la Caliedad del aire en las ciudades*, 154, 42–45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7334515>
- Restrepo, T. S. M., & Peláez M, S. (2018). *Caso: Viabilidad para la constitución de una comercializadora de Sistemas Solares fotovoltaicos dirigida a cultivos de flores en el oriente antioqueño*. Tesis de pregrado. Universidad EIA, Antioquia, Colombia.
- Roig B, M. (2016). *Determinación de la Huella de Carbono de productos agrícolas en una finca de agricultura ecológica* [Tesis de pregrado. Universitat Politècnica de València, España]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/76521>

- Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(February), 590–601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>
- Sharma, R., & Mattoo, R. (2020). Studies to Increase Refrigeration Efficiency. *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*, 1(3), 2005–2207.
- Shove, E. (2018). What is wrong with energy efficiency? *Building Research & Information*, 46(7), 779–789. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1361746>
- Solargis. (2019). *Photovoltaic power Potential*. World Bank Group. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iran>
- Sun, H., Edziah, B. K., Sun, C., & Kporsu, A. K. (2019). Institutional quality, green innovation and energy efficiency. *Energy Policy*, 135(September), 111002. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111002>
- Tirira T, J. J. (2020). *Propuesta de Acciones para el Mejoramiento de las Instalaciones y equipos eléctricos de una empresa florícola. Caso de Estudio: Florícola Feel Flowers* [(Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10292>
- Vales, A. (2015). Eficiencia energética. En *Fundamentos de Refrigeración* (ATECYR, pp. 541–565).
- Viteri M, M. (2007). *Estudio de Factibilidad para Establecimiento de una Empresa Florícola en la zona del Cantón Cayambe* [Tesis de maestría. Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito, Ecuador]. <https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/64>
- Vivas S, A. J. (2006). *Guía Para La Formulación De Indicadores en cultivos de flores y ornamentales* (X. Franco V (ed.); 1ª ed.).
- Widell, K. N., & Eikevik, T. (2010). Reducing power consumption in multi-compressor

**DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL
SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR**

47

refrigeration systems. En *International Journal of Refrigeration* (Vol. 33, Número 1, pp. 88–94). Elsevier Ltd and IIR. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2009.08.006>

ANEXOS

Anexo A. Ficha metodológica del Índice de consumo eléctrico

FICHA METODOLÓGICA	
NOMBRE DEL INDICADOR	Índice de Consumo energético
DEFINICIÓN	Cantidad total de energía utilizada en la producción de flor por medio de electricidad y combustible, expresado en: a) kWh por año por hectárea productiva. b) kWh por mes por hectárea productiva.
FÓRMULA DE CÁLCULO	
$ICE = \frac{Ct+Ce}{At} \quad y,$ $Ct = (Cd \times Fc) + (Cg \times Fc)$	
<p>Dónde:</p> <p>ICE= Índice de Consumo energético global.</p> <p>Ct= Consumo térmico (por combustibles).</p> <p>Ce= Consumo eléctrico, expresado en kWh por mes o por año.</p> <p>At= Área total productiva expresada en hectáreas ha.</p> <p>Cd= Consumo de diésel en litros por mes o por año</p> <p>Cg= Consumo de gasolina en litros por mes o por año</p> <p>Fc= Factor de conversión a kWh que depende de la fuente energética.</p>	
DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS	
<p>Consumo energético global: corresponde a la cantidad de energía utilizada por el proceso productivo en kWh.</p> <p>Área total productiva: representa el área efectiva destinada a la producción de flores expresada en hectáreas.</p> <p>Consumo de diésel: cantidad de diésel utilizado en máquinas o equipos para el proceso productivo.</p> <p>Consumo de gasolina: cantidad de gasolina (extra, eco país) utilizada en máquinas o equipos para el proceso productivo.</p> <p>Factor de conversión a kWh: Factores de transformación del poder calorífico que tienen los combustibles en kWh y que depende de las características del combustible.</p>	
METODOLOGÍA DE CÁLCULO	
<p>Para el cálculo en el numerador se requiere disponer de registros de consumo de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diesel, expresado en litros 2. Gasolina, expresado en litros 3. Electricidad, expresado en kWh <p>Se procede con la respectiva transformación de los combustibles a kWh, en el caso del Diesel se multiplica por el factor de transformación de: 10,96 kWh/l y, en el caso de la gasolina se multiplica por el factor de transformación de: para extra o eco país por el factor de transformación de: 9,61kWh/l.</p> <p>Con estos valores expresados en kWh se procede con la suma de las tres variables (diésel, gasolina y electricidad).</p> <p>*Para el cálculo del denominador se debe ingresar el dato del número de hectáreas productivas totales que la empresa dispone en el periodo de análisis.</p>	
LIMITACIONES TÉCNICAS	

DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

49

<p>Las empresas no manejan registros detallados de consumo de combustible que es utilizado para la producción, el consumo de combustible en algunos casos es utilizado para limpiar placas y no se cuenta con el detalle. Además, las facturas de la luz no son sistematizadas de acuerdo con el consumo, solo se sistematizan por el costo. Y, las facturas de la luz en algunos lugares no detallan el consumo en kWh.</p>		
UNIDAD DE MEDIDA O EXPRESIÓN DEL INDICADOR	Kilovatio hora por mes por hectárea o Kilovatio hora por año por hectárea	
INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR	Por cada hectárea productiva la finca utiliza “X” kilovatios hora al mes o al año de energía.	
FUENTE DE DATOS	Facturas de luz, facturas de combustible, registros de consumo	
PERIODICIDAD DEL INDICADOR	Mensual y Anual.	
DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS	Mensual: A partir de agosto 2021. Anual: A partir del 2021 (valores a diciembre 2021)	
CONSEJO SECTORIAL Y/O INSTITUCIÓN RESPONSABLE DE LA TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN	Finca Florícola	
FECHAS DE TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN	Mensual: hasta 15 de cada mes.	
NIVEL DE DESAGREGACIÓN	CO GEOGRÁFI	Nacional
	GENERAL	Floricultura
	OTROS ÁMBITOS	Fincas certificadas Flor Ecuador
INFORMACIÓN GEO – REFERENCIADA	No aplica	
RELACIÓN CON INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR	<p>Vivas, S. A. J. (2020). Guía Flor Verde para la implementación de indicadores en cultivos de flores y Ornamentales.</p> <p>Generalitat de Catalunya. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). <i>Barcelona: Oficina Catalana del Canvi climàtic.</i></p> <p>Action for Sustainability. (2010). UCCCfS Unit Converter. Disponible en: http://www.eauc.org.uk/file_uploads/ucccfs_unit_converter_v1_3_1.xlsx</p>	
FECHA DE ELABORACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA	Mayo, 2021.	
FECHA DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA	Mayo, 2021.	
CLASIFICADOR TEMÁTICO ESTADÍSTICO	Ambiental	
HOMOLOGACIÓN DEL INDICADOR	En proceso de Homologación	

DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

50

FECHA DE HOMOLOGACIÓN DEL INDICADOR	No aplica.
RESEÑA DEL INDICADOR	No aplica.
ELABORADO POR	Expoflores. a. Certificación Flor Ecuador Analista: Andrea Contreras
SINTAXIS DEL INDICADOR	
(Información de Sistemas cuando desarrolle el indicador)	

Anexo B. Informes de Global Solar Atlas

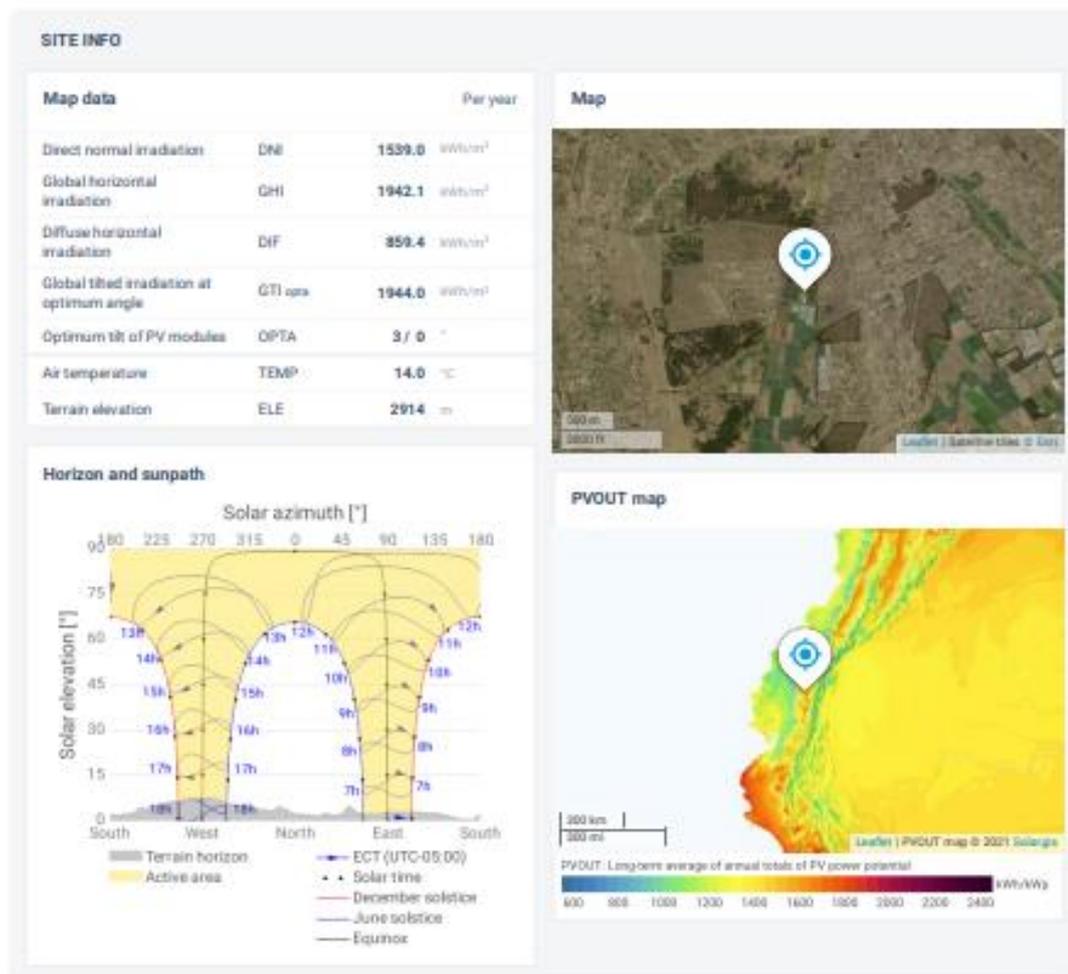
Finca 1.

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Saquisilí

-00.859°, -078.67°
unnamed road, Saquisilí, Cotacachi, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 19 Jul 2021



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

Direct normal irradiation

1559.8

kWh/m² per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												
6-7	69	28	30	74	96	96	89	93	123	154	161	115
7-8	267	223	199	242	263	289	224	225	226	235	239	217
8-9	385	321	282	329	338	352	294	281	215	256	280	201
9-10	458	381	324	361	372	382	324	280	205	246	270	184
10-11	508	422	374	390	397	400	362	312	247	313	336	228
11-12	528	443	389	398	403	419	475	470	418	324	343	225
12-13	529	431	387	372	401	421	471	454	420	280	316	209
13-14	465	406	360	321	381	395	454	447	395	242	278	200
14-15	314	341	308	287	361	402	465	442	366	252	352	208
15-16	272	214	281	284	346	405	490	459	377	315	395	328
16-17	230	279	257	274	342	408	495	459	365	295	272	294
17-18	265	234	224	194	227	286	391	297	234	124	112	190
18-19												
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												
Sum	4583	3781	3484	3535	3677	4214	4933	4722	4000	4441	4623	4503

GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTI_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fixed-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fixed-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use/>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

Finca 2.

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Cangahua

-00.005°, -078.157°
unnamed road, Cangahua, Pichincha, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 19 Jul 2021

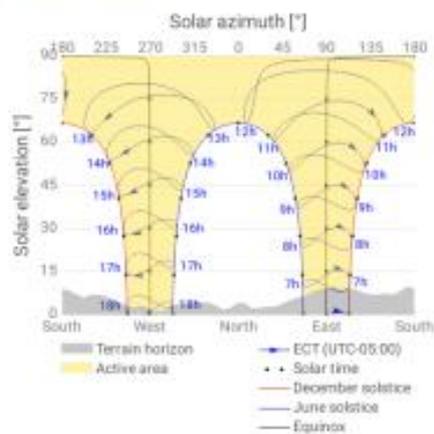
SITE INFO

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	1782.8 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	2019.3 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	805.2 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opt	2023.0 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	4 / 0 °
Air temperature	TEMP	13.4 °C
Terrain elevation	ELE	2785 m

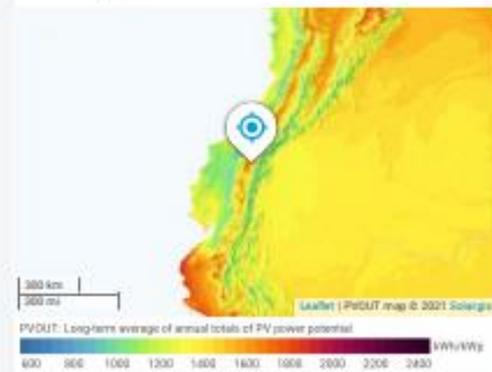
Map



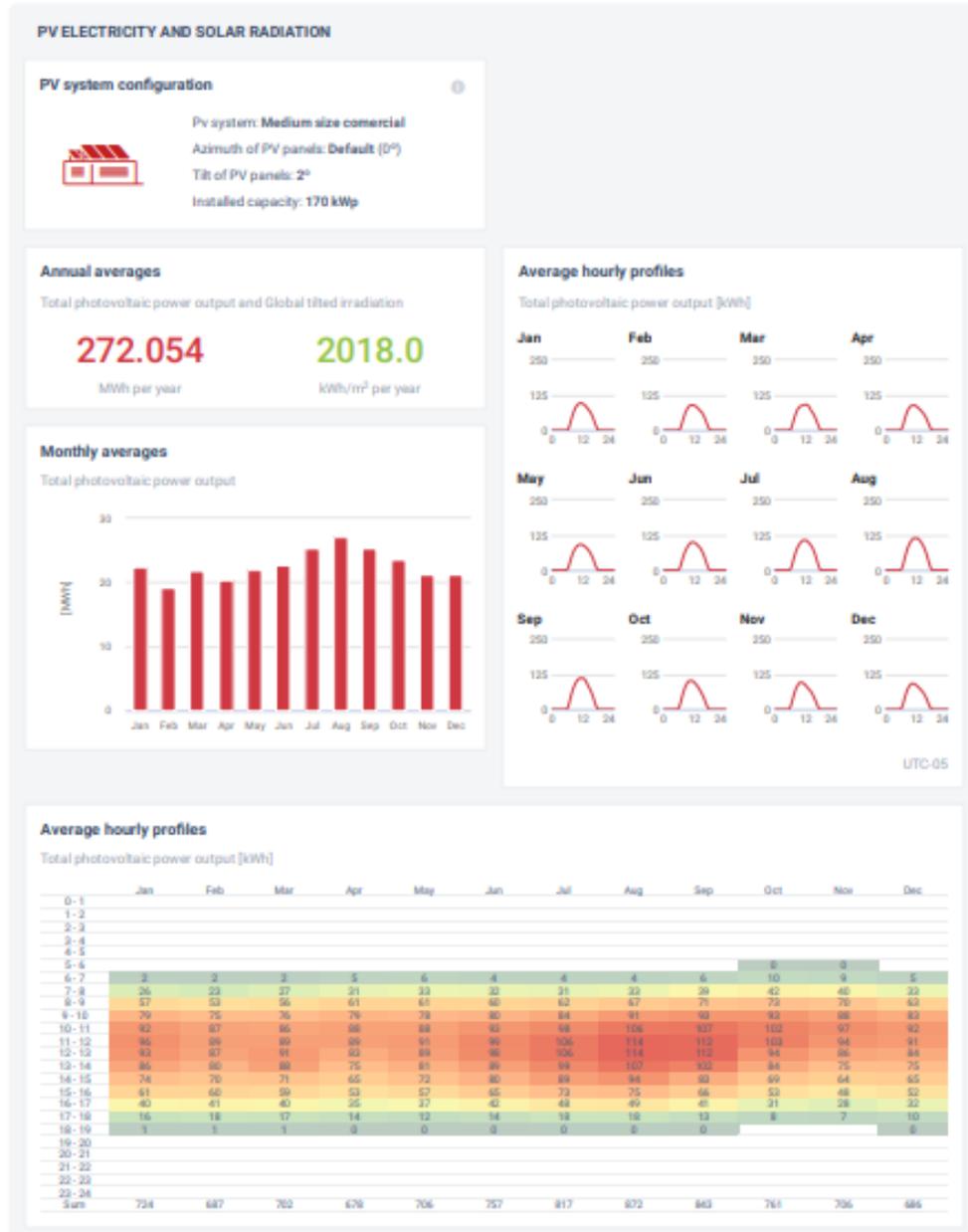
Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTI_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGD) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use/>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

Finca 3.

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Alaques

-00.849°, -078.594°
unnamed road, Alaques, Cotacachi, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 19 Jul 2021

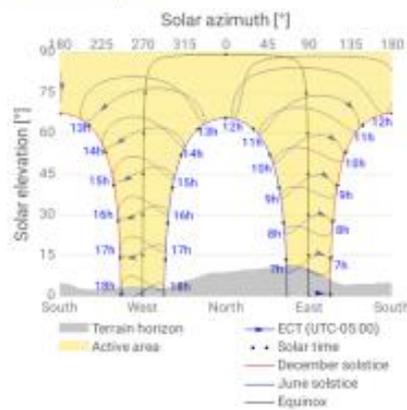
SITE INFO

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	1454.4 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1879.8 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	868.6 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opt	1880.8 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	3 / 0 °
Air temperature	TEMP	13.3 °C
Terrain elevation	ELE	2904 m

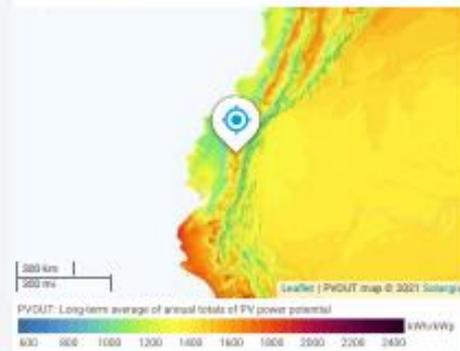
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



GLOBAL SOLAR ATLAS

BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GT_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

Finca 4.

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Tabacundo

00.049°, 078.199°
Entrada Finca, Tabacundo, Pichincha, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 19 Jul 2021

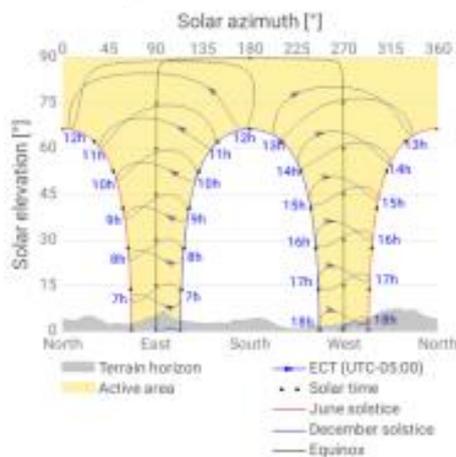
SITE INFO

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	1622.8 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1915.0 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	837.5 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opt	1915.1 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPIA	1 / 180 °
Air temperature	TEMP	13.8 °C
Terrain elevation	ELE	2856 m

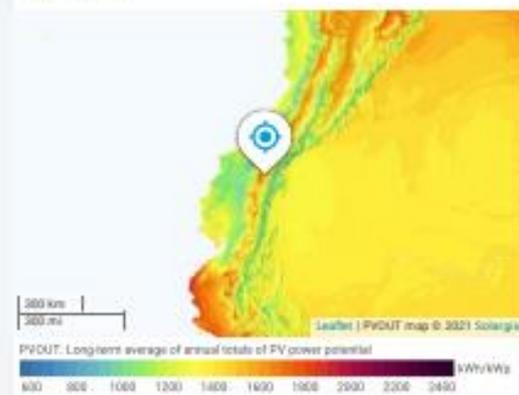
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

Direct normal irradiation

1638.6

kWh/m² per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]



UTC-05

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												
6-7	109	46	32	119	164	171	153	151	166	227	222	143
7-8	422	230	226	290	426	479	519	517	499	491	469	450
8-9	527	442	427	497	656	732	763	767	741	711	677	648
9-10	526	449	447	482	668	721	746	756	721	678	641	614
10-11	491	412	386	412	609	666	723	732	691	649	614	586
11-12	442	353	322	321	544	614	684	744	772	714	675	646
12-13	397	302	291	262	512	569	637	723	766	724	681	652
13-14	347	265	265	243	484	546	620	716	760	725	685	657
14-15	321	273	254	222	468	526	618	716	760	717	684	654
15-16	329	291	261	254	495	564	638	736	780	734	700	670
16-17	306	275	250	255	508	587	654	754	800	756	720	687
17-18	274	227	217	221	461	541	614	714	760	716	680	646
18-19	22	27	31									
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												
Sum	4544	3733	3548	3790	4879	4795	5415	5821	5191	4516	4256	4237

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DIF	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GTI_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGD) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis

DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

Finca 5.

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

Mulaló

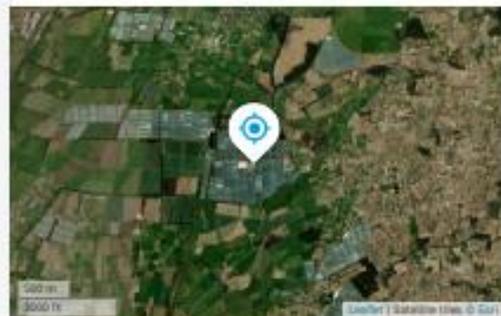
-00.804°, -078.597°
unnamed road, Mulaló, Cotopaxi, Ecuador
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 11 Sep 2021

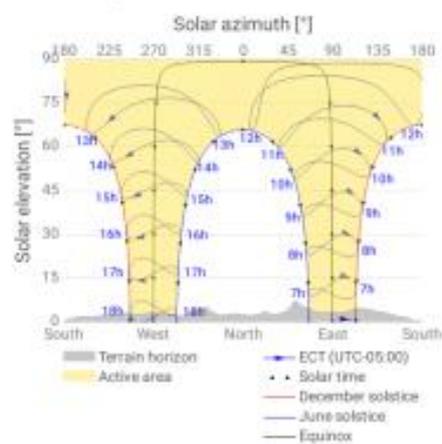
SITE INFO

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	1487.0 kWh/m ²
Global horizontal irradiation	GHI	1897.2 kWh/m ²
Diffuse horizontal irradiation	DIF	865.8 kWh/m ²
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	1899.0 kWh/m ²
Optimum tilt of PV modules	OPTA	3 / 0 °
Air temperature	TEMP	13.4 °C
Terrain elevation	ELE	2937 m

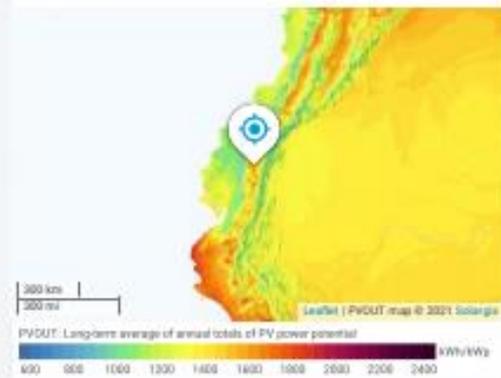
Map



Horizon and sunpath



PVOUT map



GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN EL SECTOR PRODUCTIVO DE ROSAS DEL ECUADOR

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP



GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

GLOSSARY

Acronym	Full name	Unit	Type of use
DI	Diffuse horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
DNI	Direct normal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation (© 2021 Solargis)
ELE	Terrain elevation	m, ft	Elevation of terrain surface above/below sea level, processed and integrated from SRTM-3 data and related data products (SRTM v4.1 © 2004 - 2021, CGIAR-CSI)
GHI	Global horizontal irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation (© 2021 Solargis)
GTI	Global tilted irradiation	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation (© 2021 Solargis)
GT_opta	Global tilted irradiation at optimum angle	kWh/m ² , MJ/m ²	Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle (© 2021 Solargis)
OPTA	Optimum tilt of PV modules	°	Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input (© 2021 Solargis)
PVOUT_total	Total photovoltaic power output	kWh, MWh, GWh	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by the total installed capacity of a PV system (© 2021 Solargis)
PVOUT_specific	Specific photovoltaic power output	kWh/kWp	Yearly and monthly average values of photovoltaic electricity (AC) delivered by a PV system and normalized to 1 kWp of installed capacity (© 2021 Solargis)
TEMP	Air temperature	°C, °F	Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground. Calculated from outputs of ERA5 model (© 2021 ECMWF, post-processed by Solargis)

ABOUT

This pdf report (the "Work") is automatically generated from the Global Solar Atlas online app (<https://globalsolaratlas.info/>), prepared by Solargis under contract to The World Bank, based on a solar resource database that Solargis owns and maintains. It provides the estimated solar resource, air temperature data and potential solar power output for the selected location and input parameters of a photovoltaic (PV) power system.

Copyright © 2021 The World Bank
1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA

The World Bank, comprising the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and the International Development Association (IDA), is the commissioning agent and copyright holder for this Work, acting on behalf of The World Bank Group. The Work is licensed by The World Bank under a Creative Commons Attribution license (CC BY 4.0 IGO) with a mandatory and binding addition (please refer to the GSA website for full terms and conditions of use <https://globalsolaratlas.info/support/terms-of-use/>).

The World Bank Group disclaims all warranties of any kind related to the provision of the Work.

The Work is made available solely for general information purposes. Neither the World Bank, Solargis nor any of its partners and affiliates hold the responsibility for the accuracy and/or completeness of the data and shall not be liable for any errors, or omissions. It is strongly advised that the Work be limited to use in informing policy discussions on the subject, and/or in creating services that better educate relevant persons on the viability of solar development in areas of interest. As such, neither the World Bank nor any of its partners on the Global Solar Atlas project will be liable for any damages relating to the use of the Work for financial commitments or any similar use cases. Solargis has done its utmost to make an assessment of solar climate conditions based on the best available data, software, and knowledge.

Sources: Solar database and PV software © 2021 Solargis