



UACAM
Universidad Autónoma de Campeche



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación en
Materiales Avanzados, S.C.



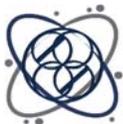
**UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA**

Construcción, instrumentación y control de un secador solar para productos marinos

**Avance de tesis nivel maestría en estudios transdisciplinares
en ciencia y tecnología**

**GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO: “Planta comunitaria para el
secado de productos pesqueros operada con energía termosolar
para su integración en comunidades rurales”, número de
aprobación CONAHCYT 319524**





MAESTRÍA EN
ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

MAESTRÍA EN ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



CONSTRUCCIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN SECADOR SOLAR PARA PRODUCTOS MARINOS

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

P R E S E N T A

IEM. MARIA CASTAÑEDA GRANO

Director: Doctora Beatriz Castillo Téllez

Codirector: Doctora Margarita Castillo Téllez

Asesora: Doctora Martha Fabiola Martín del Campo Solís

Asesor: Doctor Rachid Marzoug

COLOTLÁN, JALISCO

NOVIEMBRE, 2023



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 IMPORTANCIA DE UNA BUENA ALIMENTACIÓN	6
2.1.1 Algunos productos marinos comestibles	6
2.1.2 Características de la carne de pescado:.....	7
2.1.3 Características de los Mariscos:.....	7
2.1.4 Pescado azul y blanco	7
2.3 DESPERDICIO DE ALIMENTOS	10
2.4 ENERGÍA SOLAR	11
2.4.1 Energía renovable	11
2.4.2 El sol	12
2.4.3 Radiación solar.....	12
2.4.4 Radiación difusa.....	12
2.4.5 Energía solar térmica	13
2.5 SECADOR SOLAR	13
2.5.1 Tipos de secadores solares	13
2.5.2 Secadores solares pasivos (convección natural)	13
2.5.3 Secadores solares activos (convección forzada)	14
2.5.4 Secadores solares directos (DSP).....	14
2.5.5 Secadores solares indirectos (ISD).....	14
2.5.6 Secadores solares mixtos	14
2.5.7 Secadores solares tipo invernadero	14
2.5.8 Secadores solares tipo túnel	15
2.5.9 Secadores solares híbridos	15
2.5.10 Principios de secado solar	15
2.5.11 Principios para un secado correcto.....	16
2.5.12 Actividad del agua	16
3. ANTECEDENTES	32
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
5. JUSTIFICACIÓN	35
6. OBJETIVO GENERAL	36
7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36



8. MATERIALES Y MÉTODOS	36
8.1 DISEÑO DEL SECADOR	36
8.1.1 Cálculo del flujo de aire necesario para el secado	38
8.1.2 Cálculo del área de secado en el interior de la cámara	39
8.1.3 Cálculo del área de captación de la energía solar incidente.....	39
8.1.4 Determinación de la curva de secado	40
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42



1. INTRODUCCIÓN

Una de las primeras fuentes de energía usadas por el ser humano fue la energía solar. Durante la prehistoria la radiación solar fue la única fuente de energía térmica conocida hasta el descubrimiento del fuego, se utilizaba principalmente para preservar la comida durante el invierno, secar carnes y pescados para un mejor consumo, secar elementos cerámicos y pieles de animales.

Desde nuestros antepasados hasta nuestros días la conservación de alimentos ha sido una práctica común en el mundo y en nuestro país esta actividad se realizaba y se sigue realizando ya sea para conservar estos para tiempo de escasez, para cuando no es temporada de algunas frutas y se desea almacenarlas o simplemente para recurrir a ellos como una alternativa de consumo, saludable, nutritiva y económica.

La conservación de alimentos tuvo su primera etapa realizando el secado de estos con los rayos del sol incidiendo directamente sobre ellos, frutas, verduras, granos, legumbres, carnes, etc “asoleados”, es decir, expuestos al sol y secados a cielo abierto.

En las pequeñas comunidades rurales de nuestro país aún es muy común la práctica de secado a cielo abierto, dependiendo de la región se utiliza para el secado de tomatillo (tomate verde), frijol, cacahuete, semillas de calabaza, elote cocido (conocido posteriormente como huachal), chiles, huache, ciruela, carnes, entre muchos tiene varias ventajas siendo la principal la nula utilización de energía fósil, además de la reducción de espacio de almacenamiento y por ende su fácil transporte. Sin embargo, presenta varias desventajas como lo son la contaminación debido al aire y al polvo, la aparición de hongos y moho, el ataque de animales (roedores, aves y reptiles principalmente), lluvia intempestiva, el tiempo prolongado para que sea efectiva esta técnica, esto



dependiendo del producto que se esté secando. Con el paso del tiempo y debido a que cada día era más necesaria la conservación de alimentos, ya sea para uso particular o con fines de negocio, fueron apareciendo los secadores que hoy en día conocemos como deshidratadores convencionales, al principio surgieron a pequeña y mediana escala, posteriormente a nivel industrial. Con la aparición de los secadores artificiales de alimentos, también se han ido desarrollando otros métodos de conservación como son la refrigeración, congelación, ultra congelación, escaldado o ebullición, esterilización, pasteurización, desecado, salazón, ahumado y deshidratación, entre otros. El inconveniente que la mayoría de ellos presenta es que utilizan energías no renovables (energía proveniente del petróleo, carbón y gas natural).

La conservación de alimentos es un tema que está muy relacionado con el desperdicio de estos ya que según datos estadísticos sólo en México por día se desperdician miles de toneladas que podrían alimentar a millones de mexicanos que sufren de hambre, además de este problema social el desperdicio también genera problemas económicos y ambientales.

El calentamiento global como problemática ambiental actual exige que el desarrollo tecnológico mantenga un equilibrio con el medio ambiente, por lo que las investigaciones sobre las aplicaciones de las energías renovables han tomado un gran auge. Desde esta perspectiva, la energía solar se posiciona como la más prometedora para enfrentar los retos del desarrollo sostenible, debido a que es una técnica viable, por ser un recurso ilimitado y económicamente rentable (1).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE UNA BUENA ALIMENTACIÓN

2.1.1 productos marinos comestibles

Aunque son considerados como alimentos perecederos los alimentos provenientes del

mar constituyen una excelente fuente de nutrientes, dentro de estos productos están incluidos todos los mariscos: sus proteínas tienen un alto valor biológico y su contenido en minerales (Ca, Mg, P), oligoelementos y vitaminas es variado, las grasas contenidas, aunque menos abundantes, son del tipo poliinsaturadas en especial el omega-3 (2).

Dos de los ácidos grasos que predominan en los pescados y mariscos provienen del fitoplancton y algas que son alimento de los pescados y mariscos; el ser humano no es capaz de sintetizar los ácidos omega-3, por lo que deben ser ingeridos en una dieta; otros ácidos importantes para las funciones estructurales del organismo como el ácido linolénico y sus derivados están contenidos en los alimentos provenientes del mar(3).

Para conservar la vida de anaquel de estos alimentos se utilizan métodos de conservación como congelación, conservas, salazón, ahumado, entre otros.

2.1.2 Características de la carne de pescado

Definimos al pescado como aquella especie comestible, sacado del agua salada o dulce por cualquiera de los procedimientos de la pesca, tiene poco contenido de sodio y grasas un alto índice de vitaminas llamadas liposolubles; A, D, y E, y las vitaminas B6 y B12. Contienen hasta 0.4 mg más de yodo y proteínas por cada 100g, que las carnes rojas en las mismas cantidades, especialmente los llamados pescados azules(3).

2.1.3 Características de los Mariscos:

Se definen como cualquier animal marino comestible, no perteneciente a la clase de los peces, contienen bajo contenido en grasa, no superando el 1.5% por cada 100 gramos. Los mariscos más consumidos son las almejas, mejillones, calamar, camarones y langostas(3).

2.1.4 Pescado azul y blanco

Las denominaciones de pescado blanco y pescado azul no revela el concepto que de ellos se tiene, en esencia este concepto se refiere más bien a lo digestible de su carne y por lo tanto a la proporción de grasa en sus músculos. Es por esto que se les suele dar el nombre de pescado magro con un 2% de contenido de grasas al que llamamos pescado blanco y el de pescado graso con más del 5% de contenido de grasas, al que conocemos como pescado azul, existiendo además un grupo intermedio llamado pescado semi graso, que contiene aproximadamente de 2 a 5% de grasas(3).



2.1.4.1 Pescado azul

La lisina, que es indispensable en el crecimiento de los niños y el triptófano, imprescindible para la formación de la sangre, son aminoácidos abundantes en la proteína del pescado azul, además son ricos en ácidos grasos, proteínas y vitaminas A, B12, D y E.

Los ácidos grasos oleico, linoleico (necesario, ya que el organismo no lo puede sintetizar y sólo lo obtiene a través de la alimentación) y omega-3, son un gran aporte del pescado azul. En particular el omega-3, ácido graso que favorece los niveles más bajos de colesterol en la sangre y reduce en gran medida la acumulación de este en las arterias.

Los pescados azules se caracterizan por ser más grasos unos que otros, el besugo, trucha, jurel, pez espada, tienen entre 2 y 5 gramos de grasa por cada 100 gramos de porción comestible, los semigrasos como las sardinas frescas, boquerones, anchoas, poseen entre 6 y 10 gramos de grasa por cada 100 gramos de ración que se puede ingerir, y los más grasos son la caballa o verdel, atún fresco, salmón, salmonete, arenques, angulas y anguilas, con aproximadamente 10 gramos de grasa por cada 100 gramos(4).

2.1.4.2 Los beneficios del pescado azul

El omega 3, que es un ácido poliinsaturado es muy beneficioso para el sistema cardiovascular, su ingesta es indispensable para la prevención de posibles ataques cardiacos, además también contribuye al buen funcionamiento de la tiroides, limpia las arterias haciendo que descienda la presión sobre ellas, reduce los niveles de colesterol, disminuye los niveles de triglicéridos y la coagulabilidad de la sangre, evitando en gran medida el riesgo de taponamiento arterial.

El pescado azul tiene un porcentaje más elevado de grasa que el pescado blanco: un 10% contra un 2%. No obstante, su grasa es insaturada lo que significa que es muy positiva para los problemas circulatorios y del corazón(3). Los Pescados azules con mayor aporte de omega-3, son las sardinas en aceite, salmón, atún, rucha Calamar

2.1.4.3 Pescado blanco

El contenido en calorías del pescado blanco es inferior al del pescado azul, ya que contiene menos del 2% de grasa. En este grupo se encuentran por mencionar algunos,

el gallo, el lenguado, la merluza, el rape, el bacalao, el cabracho, la corvina, el abadejo, entre otros(3).

2.1.4.3 Los beneficios del pescado blanco

Por ser menos grasos, su digestión es más rápida, es un excelente fuente de vitaminas hidrosolubles (sobre todo las vitaminas del grupo B, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B5 (ácido pantoténico), B6 (piridoxina) B8 (biotina), B9 (ácido fólico) y B12 (cianocobalamina), además de sales minerales como el fósforo, potasio, magnesio, yodo, hierro, sodio, magnesios, selenio, entre otros y que son nutrientes indispensables reguladoras de prácticamente todos los procesos que se llevan a cabo en nuestro organismo para que todo ocurra de manera correcta(4). El pescado blanco es recomendable en todas las edades, por ser un alimento de alto valor nutrimental y de fácil digestión (3).

Las composiciones químicas de algunos productos marinos se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Composición química de algunos productos marinos

Especie	Nombre Científico	Agua %	Lípidos %	Proteínas %
Bacaladilla	Micromesistius poutassou	79-80	1.9-3.0	13.8-15.9
Bacalao	Gadus morhua	78-83	0.1-0.9	15.0-19.0
Anguila	Gadus morhua	78-83	0.1-0.9	15.0-19.0
Anguila	Anguilla anguilla	60-71	8.0-31.0	14.4
Arenque	Clupea arengus	60-80	0.4-22.0	16.0-19.0
Solla	Pleuronectes platessa	81	1.1-3.6	15.7-17.8
Salmón	Salmo salar	67-77	0.3-14.0	21.5
Trucha	Salmo trutta	70-79	1.2-10.8	18.8-19.1
Atún	Thunnus spp	71	4.1	25.2
Cigala	Nephrops norvegicus	77	0.6-2.0	19.5
Pejerrey	Basilichthys bomariensis	80	0.7-3.6	17.3-17.9
Carpa	Cyprinus carpio	81.6	2.1	16.0
Sábalo	Prochilodus platensis	67.0	4.3	23.4
Pacu	Colosoma macropomum	67.1	18.0	14.1
Tambaqui	Colosoma brachypomum	69.3	15.6	15.8

Chincuiña	Pseudoplaty stoma tigrinum	70.8	8.9	15.8
Corvina	Plagioscion squamosissimus	67.9	5.9	21.7
Bagre	Ageneiosus spp	79.0	3.7	14.8

2.3 DESPERDICIO DE ALIMENTOS

La FAO ha denominado como pérdida y desperdicio de alimentos, a la merma que sufren estos en las etapas sucesivas de la cadena de suministro de alimentos destinados al consumo humano. Las pérdidas suceden primordialmente durante la producción, después de la cosecha, acopio y transporte de estos.

Las pérdidas suceden durante el procesamiento y adquisición de los alimentos en relación directa con el proceder de los vendedores mayoristas, minoristas, servicios, restaurantes y las familias.

Estudios realizados por el Banco Mundial indican que alrededor de una tercera parte de los alimentos que se producen no llegan a las bocas de los consumidores, esto representa cerca de 1300 millones de toneladas al año. En tanto cerca de 821 millones de personas en el mundo sufren de hambre crónica y 840 viven en pobreza extrema. Por pobreza extrema entendemos a las personas que viven con menos de \$30 por día(5).

En la tabla 2.3. se muestran datos importantes sobre el desperdicio de alimentos anual en México.

Tabla 2.3. Desperdicio de alimentos en México

Alimento	Consumo semanal (toneladas)	Consumo anual (toneladas)	Consumo en restaurantes, hoteles, escuelas y hospitales(toneladas)	Consumo anual per cápita	Desperdicios (toneladas)	Desperdicios (%)
Tortilla	160 587	8 373 470	9 956 056	79.9	2 857 388	28.70
Carne de res	23 191	1 209 272	1 559 961	12.5	552 382	35.41
Carne de cerdo	1 543	80 459	102 988	0.8	41 391	40.19
Jamón	2 636	137 423	147 043	1.2	57 200	38.90
Pollo	15 716	819 489	926 023	7.4	275 955	29.80



Pescado	4 589	239 294	256 044	2.1	99 115	38.71
Camarón	451	23 512	31 271	0.3	15 257	48.79
Leche	164 586	8 584 800	10 645 152	85.4	4 590 189	43.12
Papas	37 244	1 943 789	2 079 854	16.7	788 057	37.89
Aguacate	13327	695 539	785 959	6.3	312 812	39.80
Tomate	34232	1 784 964	2 356 153	18.9	925 968	39.30
Nopal	3374	175 908	205 813	1.7	76 768	37.30
Mango	20126	1 050 378	1 176 424	9.4	468 570	39.83
Manzana y perón	9186	478 988	560 416	4.5	218 170	38.93
Guayaba	2962	154 449	168 349	1.4	63 687	37.83
Papaya	6967	363 270	168 349	3.5	171 458	39.83
Comida para bebé	170	8 872	10 380	0.1	3 426	33.00
Subtotal					11 517 793	
Total					20 418 214	34.57

2.4 ENERGÍA SOLAR

La radiación solar que llega a la tierra en forma de rayos ultravioleta, luz y calor es la que permite obtener la energía solar que es un tipo de energía limpia y renovable, pues proviene del sol que es un recurso ilimitado.

De un tiempo a la fecha se han desarrollado investigaciones encaminadas para su aprovechamiento y aunque para muchos es considerada una opción inaccesible y poco rentable, la realidad es que es una alternativa cuya utilización no implica la destrucción del medio ambiente.

En la época del renacimiento, surgió la idea de usar el calor proveniente del sol para aplicaciones en procesos químicos que se realizaban, así como para el secado de elementos cerámicos. Los escritos provenientes de los antiguos pueblos romanos, griegos y chinos dan testimonio de esto(6).

2.4.1 Energía renovable

También llamadas energías limpias y las podemos encontrar en la naturaleza en distintas



manifestaciones y de manera ilimitada. Entre los diferentes tipos de energías renovables se encuentran la energía hidráulica (proveniente de corrientes, ríos y cascadas), eólica (viento), solar (luz y energía del sol), geotérmica (se obtiene del interior de la tierra), mareomotriz (mareas), biomasa (materia orgánica)(7).

2.4.2 El sol

El sol es una estrella muy grande cuyo diámetro es de aproximadamente 1.4 kilómetros, se ocupa de dar luz, energía y calor a la tierra, en otras palabras, de encargarse de darle vida.

Los gases calientes que constituyen el relleno del sol alcanzan temperaturas de 5500 grados centígrados en la superficie y más de 15.5 millones de grados centígrados en el núcleo.

La energía del sol se genera cuando en su núcleo se producen reacciones de fusión en la cual el hidrógeno se transforma en helio. Los fotones que son partículas pequeñas de luz son los encargados de transportar esta energía de la zona radiante hasta la zona convectiva que se encuentra en la capa superior del interior del sol.

En este lugar el movimiento de gases hirviendo que se asemeja a una lámpara de lava lleva la energía a la superficie, este proceso dura más de un millón de años(6).

2.4.3 Radiación solar

La radiación solar es la energía electromagnética emitida por el sol en forma natural y que se dispersa en todas direcciones, esta llega a la tierra en forma de luz, calor y rayos UV principalmente. El clima en la tierra se debe en gran medida a esta energía que, por otra parte, origina la mayoría de los procesos biológicos conocidos. Esta energía es tan abundante que si se aprovechara podría satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad(8).

2.4.4 Radiación difusa

La radiación solar difusa es aquella que proviene de las nubes, su distribución es uniforme y no es direccional, esto quiere decir que las partículas y moléculas que son interceptadas en el aire se dispersan en la atmósfera y por ello desvían la radiación.

Esta radiación disminuye la capacidad de generación eléctrica por paneles fotovoltaicos, esto se debe a que en este tipo de radiación las nubes absorben toda la energía incidente y la vuelven a emitir(9).

2.4.5 Energía solar térmica

Es una fuente de energía de las llamadas primarias, al ser proveniente del sol, que es un recurso gratuito e ilimitado. Los sistemas solares térmicos tienen uno de los rendimientos de conversión energética de radiación solar a energía útil mayor del 50% siendo considerados como los factores de conversión más altos entre las diferentes energías renovables.

Puede reemplazar o complementar sistemas que emplean combustibles fósiles y no genera emisiones de gases de efecto invernadero.

Estos sistemas aprovechan la energía radiante del sol para calentar agua o cualquier otro fluido que posteriormente será utilizado en diversas aplicaciones, ya sea domésticas o industriales(10).

2.5 SECADOR SOLAR

Un secador solar es un instrumento que bajo ciertas condiciones se encarga de remover la humedad de los alimentos con el propósito de conservarlos por tiempos prolongados, de esta forma se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, La reducción de peso y volumen resultan en una reducción de costos de transporte y almacenamiento. En términos generales pueden clasificarse en directos, indirectos y especializados. En los secadores solares directos la radiación solar incide directamente sobre el producto a secar, este está colocado en un recinto cubierto por algún tipo de material, plástico generalmente, el calor se genera al absorber el producto, la radiación solar. En los secadores solares indirectos la radiación solar no incide directamente sobre el alimento o producto a secar, el aire se calienta en un colector solar y luego es conducido al recinto de secado. Los secadores solares especializados son aquellos que son construidos para secar un producto en específico y por lo general incluyen sistemas híbridos, es decir utilizan otra fuente de energía(11).

2.5.1 Tipos de secadores solares

La clasificación de los secadores solares generalmente se divide en dos grandes categorías, secadores solares activos y secadores solares pasivos:

2.5.2 Secadores solares pasivos (convección natural)

Estos secadores utilizan el movimiento natural del aire que al calentarse circula de forma natural por la fuerza de flotación o como resultado de la presión del viento o en

combinación de ambos. Se pueden construir fácilmente con materiales económicos y disponibles localmente que los hace apropiados para aplicaciones pequeñas(11).

2.5.3 Secadores solares activos (convección forzada)

Los secadores solares activos funcionan con energía solar y se diseñan incorporando medios externos como ventiladores o bombas, para mover la energía solar en forma de aire calentado desde la zona de los colectores hasta los lechos del secado, entonces todos los secadores solares activos son por su aplicación secadores de convección forzada(11).

2.5.4 Secadores solares directos (DSP)

Estos secadores también denominados de cabina. Una parte de la radiación solar que incide en la cubierta de vidrio se refleja a la atmósfera y el resto se transmite dentro del secador de cabina. Además, una parte de la radiación transmitida se refleja desde la superficie del alimento. La parte restante es absorbida por la superficie del alimento(11).

2.5.5 Secadores solares indirectos (ISD)

El alimento no se expone directamente a la radiación solar para minimizar la decoloración y el agrietamiento de la superficie del mismo. Poseen un colector solar donde ingresa el aire y tienen una cámara de secado que se utiliza para mantener al alimento en una bandeja de malla metálica, es decir tienen una cámara de secado separada donde se colocan los productos a secar(11).

En el secado solar indirecto el calor necesario para la evaporación se transfiere de forma convectiva desde el aire caliente hacia el material húmedo (12).

2.5.6 Secadores solares mixtos

Estos secadores se caracterizan porque la radiación se realiza tanto en el colector solar que se encuentra antes de la cámara de secado, así como en la misma cámara de secado que contiene el alimento y que recibe la radiación solar directa(13).

2.5.7 Secadores solares tipo invernadero

Son secadores de grandes dimensiones cuyo desempeño está basado en el principio de funcionamiento del deshidratador solar directo. En estos secadores la circulación de aire es por convección forzada. Su construcción se basa en los diseños de invernaderos utilizados para agricultura. Tienen una ventaja importante sobre otros secadores ya que presentan alta capacidad de secado, pero debido a sus grandes dimensiones es preciso

una alta inversión para su puesta en marcha(14).

2.5.8 Secadores solares tipo túnel

Este modelo de secador solar es útil para aplicaciones industriales, consiste en un túnel con una base rígida de hierro o madera y una cobertura que puede ser o no transparente. En diversas zonas tropicales del mundo en las cuales la radiación promedio es alta, este tipo de secador ha sido utilizado de manera exitosa(15).

Su funcionamiento consiste en introducir aire externo dentro de la zona de colección mediante ventiladores. Mientras el aire pasa por el colector solar, este es calentado por convección debido a la diferencia de temperatura entre el aire y el colector, al entrar el aire a la cámara de secado transfiere calor por convección al alimento o producto a secar, debido a la diferencia de temperaturas el agua atrapada en el producto se evapora y se transfiere al aire por convección. Para finalizar el proceso, el aire húmedo es expulsado por el otro costado del secador(16).

2.5.9 Secadores solares híbridos

Los secadores solares híbridos pueden ser activados por más de una fuente de energía, por ejemplo, un secador solar híbrido puede utilizar energía solar y algún otro tipo de energía provenientes de fuentes convencionales (combustibles fósiles). Los sistemas auxiliares de calentamiento utilizados han sido por lo general, eléctricos y un quemador de leña, lo que equivale a tener un sistema híbrido solar-biomasa(17).

2.5.10 Principios de secado solar

2.5.10.1 Secado solar

Por lo regular se atribuye el término de “deshidratación” cuando se trata de un secado artificial, e involucra el control de las condiciones climáticas dentro de una cámara. Y el “secado solar” es el que se realiza de forma natural, en el cual las condiciones no son controladas por el hombre (16).

Algunas ventajas del secado de alimentos son:

- Conservar los alimentos y consumirlos en periodos de escasez o fuera de temporada.
- Asegurar la calidad de la alimentación de la familia durante todo el año.



- Aprovechar la energía gratuita y limpia del sol y la gran cantidad de productos que se producen durante todo el año.
- Generar fuentes de empleo. Los alimentos secos, se pueden conservar adecuadamente e introducirlos a la venta y de esta manera iniciar una nueva fuente de empleo(8).

2.5.10.2 Método de secado tradicional

El proceso es lento sobre todo cuando existe una elevada humedad en el ambiente, en ocasiones, los alimentos no alcanzan el secado óptimo, sobre todo los que contienen un alto porcentaje de agua, y se descomponen o se enmohecen, los productos están expuestos al polvo, insectos y otros animales que pueden causar su deterioro y causar enfermedades al ingerirlos, es necesaria una atención especial para proteger los alimentos de la intemperie (lluvia, rocío. Aire, etc.). La exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioleta.

2.5.11 Principios para un secado correcto

La temperatura del aire caliente necesita de estar entre 40 °C y 70°C, el aire tiene que tener bajo contenido de humedad, además de movimiento continuo.

Cuando se calienta el aire, que está a temperatura ambiente y que contiene un cierto porcentaje de humedad, se intensifica su capacidad de absorber vapor de agua. Por cada 20°C de aumento de la temperatura del aire su capacidad de retener vapor de agua se triplica y por consecuencia su humedad relativa se reduce a un tercio.

Para reducir o eliminar la humedad de los productos alimenticios, es imprescindible que el aire que pasa por los alimentos este en constante circulación y regeneración. Existen dos maneras de lograr esta ventilación, ya sea en forma natural gracias al efecto chimenea o en forma forzada por medio de ventiladores, esto depende en gran medida del modelo del secador. Para lograr un secado óptimo, los productos tienen que ser ordenados de modo que haya suficiente espacio entre las partes que los componen(8).

2.5.12 Actividad del agua

La actividad del agua (A_w) de los productos alimentarios tiene relación directa con su estructura y con la reproducción de microorganismos que perjudican seriamente la salud

como son las bacterias y los agentes patógenos.

Un componente esencial para la vida, es el agua, asimismo es uno de los principales elementos constituyentes de los alimentos, de manera que es causa esencial para su preservación y estabilidad. La proliferación de los elementos patógenos es la causa principal de deterioro del producto y su incremento está directamente relacionado con la cantidad de agua que posee el alimento.

Se puede definir a la actividad del agua (A_w), como la cantidad de agua libre en el alimento, en otras palabras, el agua disponible para el aumento de microorganismos y para que se puedan efectuar diversas reacciones químicas. Posee un valor máximo de 1 y un valor mínimo de 0. Entre más pequeño sea este valor, el producto se conservará en mejores condiciones. La actividad del agua está estrechamente ligada con la textura de los alimentos: a una mayor actividad de agua, la textura es mucho más sustanciosa y blanda; aunque, el producto se altera más fácilmente y es necesario mantener más cuidados(18).

Una vez que la actividad del agua se va reduciendo, el tejido del alimento se endurece y el producto se empieza a secar de forma más rápida. En cambio, los alimentos en los cuales la actividad de agua es menor por naturaleza son más crujientes y se quiebran más fácilmente. En tales circunstancias, si la actividad del agua crece, los productos se ablandan y ocasionan que estos resulten poco atractivos. La actividad de agua del producto es causa determinante para la seguridad del mismo y da la pauta para determinar su aptitud de conservación al lado de su capacidad de proliferación de los microorganismos(18).

2.5.12.1 Agua y microorganismos

Vigilar la actividad del agua en los productos alimenticios es garantía de prolongar su vida útil. La vida útil de un alimento es mayor si su actividad del agua es menor. Es fundamental tener clara la diferencia entre cantidad de agua y actividad de agua. La primera definición alude al número total de agua que se halla en el producto, aun cuando pueda ser que no esté libre para interactuar. Por otro lado, la actividad de agua, hace referencia solo a la cantidad de agua libre en el alimento y apta para responder, en otras palabras, la que puede favorecer la contaminación del alimento(19).

Los alimentos con baja actividad del agua se preservan en condiciones idóneas durante



lapsos más largos de tiempo. Por otra parte, los productos en los cuales la actividad del agua es alta, están sujetos a mayor riesgo de contaminación y su preservación es mucho más frágil. Es por esto que, en alimentos que se caducan más fácilmente se emplean métodos de conservación como la evaporación, secado o liofilización para acrecentar de esta manera su vida útil(19).

La mayoría de los elementos patógenos requieren una actividad del agua por encima de 0.96 para poder multiplicarse. No obstante, existen otros microorganismos que, aunque en menor medida, pueden sobrevivir con valores inferiores a 0.6.

- Con una $A_w=0.98$ pueden reproducirse prácticamente todos los microorganismos patógenos existentes dando la pauta con esto a intoxicaciones y alteraciones alimentarias, las carnes, el pescado fresco, frutas y verduras frescas son los productos más susceptibles.
- En un rango de $A_w=0.93$ a $A_w= 0.98$, también se reproducen una gran cantidad de microorganismos patógenos, los embutidos cocidos o fermentados, quesos poco maduros, carnes enlatadas, pan y pescados ligeramente salados son los alimentos con mayor riesgo.
- Con actividad del agua $A_w = 0.85$ a $A_w= 0.93$: cuando A_w disminuye, también decrecientan los patógenos. La única bacteria que crece en este rango es la 'S. aureus', la cual puede causar toxiinfecciones que son enfermedades de transmisión alimentaria. En este caso tampoco está exento el crecimiento de hongos, entre los alimentos más destacados se encuentran los embutidos curados y madurados, el jamón serrano o la leche condensada.
- En un rango de $A_w=0.60/0.85$: las bacterias crecen en menor medida, si se presentara contaminación es a causa de microorganismos muy persistentes a una baja actividad del agua los denominados osmófilos (microorganismos adaptados a ambientes con altas presiones osmóticas, tales como altas concentraciones de azúcar), o microorganismos halófilos (organismos que viven en ambientes con presencia de gran cantidad de sales). Estos microorganismos pueden persistir en productos como mermeladas, frutos secos, cereales, o quesos añejos.



- Cuando la actividad del agua $A_w < 0.60$: no hay crecimiento microbiológico sin embargo sí puede haber microorganismos habitantes durante largos lapsos de tiempo, como ejemplos pueden ser residentes en chocolate, miel, galletas o dulces(18).

2.5.12.2 Controlar la actividad del agua

Existen alimentos más perecederos que otros, en los cuales es necesario controlar la actividad del agua, si hablamos de la miel por ejemplo no es necesario cuidarla de forma extra, en cambio alimentos como el pescado o los higos son alimento en los cuales es imprescindible controlar la actividad del agua si es que se pretende alargar su vida útil. Añadir azúcar o sal a los alimentos para atrapar las moléculas de agua y el secado son las dos formas más importantes de reducir la actividad del agua en los mismos, el método más tradicional y antiguo es el secado que además ayuda a formar aromas y sabores tradicionales, según el tipo de alimento que se desee secar y conservar se utiliza uno u otro método de secado, en el caso de alimentos sólidos como vegetales, frutas o pescado se utiliza el secado con aire caliente, en el caso de productos líquidos como la leche el secado por aspersión, para mezclas viscosas líquidas se utiliza el secado al vacío y para una gran variedad de productos se utiliza el secado por congelación(19).

2.6 PROBLEMÁTICA DE LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNDO

2.6.1 La seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo

Uno de los conceptos más importantes relacionados con la alimentación es el de Seguridad Alimentaria su aparición data de los años setenta, se fundamenta en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel mundial y nacional. En los años ochenta, se incluyen los conceptos de acceso físico y económico; y en la década de los noventa se incorpora al concepto actual, que añade la inocuidad y las prioridades culturales, afirmando la Seguridad Alimentaria como un derecho humano. De esta manera, y conforme con lo establecido en la Cumbre Mundial de la Alimentación, que se llevó a cabo en el año 1996, “La seguridad alimentaria a nivel individual, en el hogar, en estándares nacionales y globales se logra cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y primicias, con el objetivo de tener una vida saludable y

activa” (FAO, 2011).

Es necesario comprender la seguridad alimentaria adaptando el concepto actual, precisando los cuatro puntos que plantea:

- a) El primer punto hace referencia a la disponibilidad física de los alimentos: aludiendo a la oferta como función de la producción de alimentos, existencias y comercio neto;
- b) El punto dos tiene relación con el acceso a los alimentos: físico, económico en materia de ingresos y gastos, ya que la oferta no es sinónimo de garantía en la seguridad alimentaria;
- c) El punto tres se entiende como la manera en la que los nutrientes son aprovechados por el cuerpo humano, el consumo de energía, la adecuada preparación de los alimentos, la variedad de la dieta y la utilización biológica de los alimentos;
- d) Finalmente se hace alusión a la estabilidad: esta representa el acceso a los alimentos de forma regular y puede verse incluida por condiciones climatológicas adversas, inestabilidad política y factores económicos como desempleo o aumento en el precio de los alimentos (FAO, 2011).

Según cifras de la FAO, en el año 2021 el hambre en el mundo aumentó aún más, esto es el reflejo de las desigualdades que existen entre las naciones y dentro de los mismos. Tras mantenerse relativamente estable desde el año 2015, la prevalencia de la subalimentación aumentó del 8.0% al 9.3% de 2019 a 2020, y creció a un ritmo más lento en 2021 hasta llegar al 9.8%.

En el año 2021, aproximadamente 702 y 828 millones de personas padecían hambre en el mundo, 103 millones más que entre los años 2019 y 2020.

En Asia, África, América Latina y el Caribe, el hambre se incrementó en el año 2021, aunque a un ritmo menor que en los años 2019 y 2020. En el año 2021, 278 millones de personas eran afectadas por la hambruna en África, 425 millones en Asia y 56.5 millones en América latina y el caribe.

Los pronósticos indican que aproximadamente 670 millones de personas continuarán sufriendo hambre en 2030, esto es, el 8% de la población mundial, de manera similar que en 2015.

De manera general la incidencia mundial de inseguridad alimentaria moderada permaneció estable en el 2021, esto tras haber experimentado un gran aumento en el año 2020, al lado de la inseguridad alimentaria grave, pero esta última alcanzó niveles más elevados en el año 2021. Alrededor de 2300 millones de personas en el mundo se hallaban perjudicadas por la inseguridad alimentaria moderada o grave en 2021.

La inseguridad alimentaria también involucra a la brecha de género, en el año 2020 esta se había incrementado a causa de la pandemia del coronavirus (COVID-19), aumentó aún más entre los años 2020 y 2021, cuyo motivo principal fue el alza de las diferencias registradas en América Latina y el Caribe, así como en Asia. En 2021, el 31.9% de las mujeres del mundo sufrían inseguridad alimentaria moderada o grave, contrastando con el 27.6% de los hombres.

La finalidad de hambre cero para el año 2030 ha retrocedido, a pesar de que se tenía la expectativa de una rápida salida de la crisis después de la pandemia, sin embargo, en 2021 el hambre aumentó a nivel mundial, tras un repunte notable en el 2020. Los motivos para este retroceso han sido varios entre ellos las disparidades en la repercusión y recuperación de la enfermedad.

Desde el año 2015 la subalimentación (alimentación insuficiente en calidad o cantidad), permaneció relativamente estable, hubo un aumento de 8.0% en el 2019 y del 9.3% en el 2020 y continuó con el incremento en el 2021 pero a un ritmo menor que alcanzó un 9.8%.

Se tiene calculado que entre 702 y 828 millones de personas en el mundo (es decir, entre el 8.9% y el 10.5% de la población mundial) se enfrentaron al hambre en 2021.

Las cifras de la FAO señalan que en el año 2021 el hambre afectaba a 46 millones de personas más que en el 2020 y a 150 millones de personas más que en el año 2019.

Las desigualdades que muestran las cifras persisten, África es el continente que soporta la carga más pesada. Una de cada cinco personas en esta región (el 20.2% de la población) se enfrentaba al hambre en 2021, en comparación con el 9,1% en Asia, el 8.6% en América Latina y el Caribe, el 5.8% en Oceanía y menos del 2.5% en América septentrional y Europa. Tras incrementarse entre 2019 y 2020 en la mayor parte de África, América Latina y el Caribe y Asia, la prevalencia de la inseguridad alimentaria continuó en aumento en 2021 en la mayoría de las subregiones.

Las predicciones más recientes de la cantidad de personas subalimentadas advierten que aproximadamente 670 millones de seres humanos seguirán estando en riesgo alimentario en 2030, en otras palabras, 78 millones más. En la actualidad, con la crisis que ha provocado la guerra en Ucrania se temen y se viven múltiples implicaciones para los mercados agrícolas mundiales a través de los canales del comercio, la producción y los precios de los productos, lo que proyecta una sombra sobre el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en numerosos países en un futuro cercano.

La meta 2.1 de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) es un reto para el mundo al ir más allá de la eliminación del hambre y asegurar el acceso de todas las personas durante todo el año a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes. El indicador 2.1.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2, indica, la preponderancia de la inseguridad alimentaria moderada o grave entre la población, de acuerdo a la escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES), esta se emplea para hacer un monitoreo de los avances hacia el ambicioso objetivo de asegurar que todas las personas tengan acceso a una alimentación adecuada para el año 2030.

2.6.2 El estado de la nutrición en relación con las metas mundiales

A nivel mundial, en el año 2020 entre los niños menores de cinco años había aproximadamente 149 millones (22%) que sufrían atraso en su crecimiento, 45 millones (6.7%) padecían de extrema delgadez y 39 millones (5.7%), adolecía de obesidad. Hubo avances relacionadas con las metas de 2030 sobre el problema del retraso del crecimiento, en tanto que el sobrepeso infantil se agravó.

Los infantes de los sectores rurales y de las familias más vulnerables, y aquellos cuyas madres no habían recibido una educación formal, eran más propensos al retraso del crecimiento y a la delgadez extrema. Las niñas y niños de las áreas metropolitanas y los de los hogares más prósperos estaban más expuestos de padecer sobrepeso.

En cuanto a la lactancia materna los avances han sido continuos: el 43.8% de los lactantes menores de seis meses de edad en el mundo fueron alimentados exclusivamente mediante lactancia materna en 2020, desde el 37.1% registrado en 2012, pero para cumplir la meta de 2030, la mejora debe acelerarse.

Según las cifras mundiales de la FAO, en 2019 una de cada tres mujeres de entre 15 y 49 años de edad (571 millones), adolecía de anemia, escenario que no ha mejorado desde 2012.

Según los últimos datos recabados en el año 2016, el sobrepeso en adultos se ha acrecentado en todas las regiones del mundo del 11.8% en 2012 al 13.1% en 2016.

La última estimación sobre el peso bajo al nacer reveló que el 14.6% de los recién nacidos (20.5 millones) nació con bajo peso en 2015, un descenso moderado desde el 17.5% (22.9 millones) registrado en el año 2000. A nivel mundial, la incidencia de este problema se ha acrecentado del 37.1% (49.9 millones) en 2012 al 43.8% (59.4 millones) en 2020.

El sobrepeso ha prevalecido en niños menores de cinco años de edad y aún más se ha acrecentado de forma moderada, de un 5.4% (33.3 millones) en el año 2000 a un 5.7% (38.9 millones) en 2020. Las tendencias siguen al alza, en cerca de la mitad de los países del mundo.

Según informes de la FAO, a escala mundial, en el año 2019 un 29.9% de mujeres de entre 15 y 49 años sufrieron de anemia. El número total de féminas con anemia se ha acrecentado de manera continua de 493 millones en el año 2000 a 570.8 millones en 2019. Esto tiene consecuencias en el ritmo del aumento de las enfermedades y la mortalidad femenina y puede dar lugar a embarazos de alto riesgo y problemas en el

recién nacido.

La obesidad en adultos se ha acrecentado prácticamente lo doble en valores absolutos aumentando del 8.7% (343.1 millones) en el año 2000 al 13.1% (675.7 millones) en 2016.

En el año 2020 aproximadamente 3100 millones de personas en el mundo carecían de una dieta saludable, lo que equivale a 112 millones más que en el año 2019. Las cifras, se contabilizaron de la siguiente manera: en Asia, donde 78 millones de personas más no tenían al alcance una dieta saludable, África les seguía con 25 millones más, en tanto que América Latina y el Caribe y América septentrional y Europa computaron 8 millones y 1 millón de personas más, de manera respectiva.

Asia fue el país que tuvo el incremento más elevado, entre los años 2019 y 2020 el costo de una dieta en este continente aumentó en un 4%, enseguida se ubicó Oceanía con un 3.6%, América Latina y el Caribe con 3.4%, América septentrional y Europa con un 3.2% y finalmente África que alcanzó un porcentaje del 2.5%.

2.6.3 Inseguridad alimentaria año 2022

Las Estimaciones Conjuntas sobre Inseguridad alimentaria más recientes (año 2022), indican que las metas de la Asamblea Mundial de la Salud y del ODS 2, establecidas para 2030, están cada vez más alejadas. Del mismo modo, el impacto del cambio climático, con efectos en la seguridad alimentaria y nutricional, ponen en peligro los avances logrados para reducir la malnutrición.

2.6.4 Proyecciones del banco mundial. Aumento de la inseguridad alimentaria aguda

De acuerdo con evaluaciones realizadas, los niveles de hambre se han acrecentado considerablemente a nivel global. De acuerdo con el análisis más reciente realizado por el Banco Mundial utilizando los datos de la FAO y un modelo que se basa en el informe Perspectivas de la economía mundial, publicado por el FMI, las proyecciones para el panorama del hambre en el mundo sugieren que el hambre persistirá. A raíz de los

efectos devastadores adicionales causados por los fenómenos meteorológicos extremos y los conflictos es probable que muchos países se vean afectados por una crisis.

En el año 2022, uno de cada ocho personas en el mundo, es decir cerca de 1000 millones de habitantes del planeta, se vieron en graves dificultades para obtener alimentos y, en consecuencia, tuvieron que saltarse comidas (tabla 2.6.1). Este incremento excepcional, de casi 330 millones de personas desde 2015, es prácticamente semejante a la población de Estados Unidos, el tercer país más poblado del mundo.

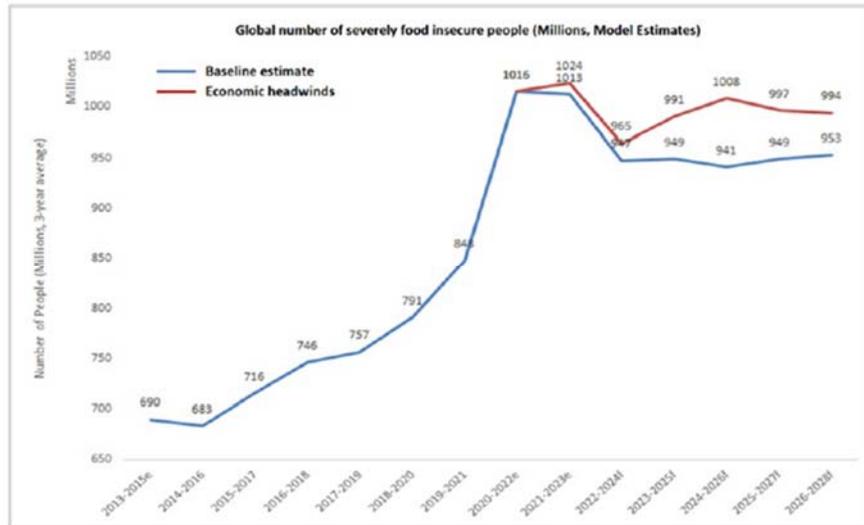
Después de una década de avances concretos en el desarrollo, el hambre en el mundo se ha profundizado en los últimos años. Probablemente, el número de personas afectadas por inseguridad alimentaria aguda habrá aumentado más de 220 millones entre 2019 y fines de 2023, esto debido en gran parte a los conflictos, el cambio climático y los problemas económicos que se agravaron con la pandemia de COVID-19.

Es necesario destacar que, en la mayoría de los casos, los datos divulgados de manera oficial se publican con demoras. Probablemente pasarán varios años antes de que las cifras mundiales revelen a ciencia cierta los impactos de las perturbaciones recientes. El análisis abarca 191 países que en conjunto incluyen a más del 99.9 % de los habitantes del mundo. Dado que se suele disponer de datos oficiales para menos de la mitad de la población mundial, el resto se calcula sobre la base de los totales regionales o globales.

Dos tercios de la población global que son víctimas de la hambruna son mujeres, y el 80 % vive en zonas muy afectadas por el cambio climático. La mayoría de los países que no están bien encaminados para alcanzar el ODS 2 (Objetivo de Desarrollo Sostenible 2), están afectados por situaciones de fragilidad o conflicto.



Tabla 2.6.1. Panorama más reciente en materia de seguridad alimentaria y nutricional



El precio de los alimentos se incrementó entre los años 2019 y 2022; resultando con esto, un aumento, de 95.1 puntos a 143.7 puntos, en el índice de costos de los alimentos de la FAO, que mide las variaciones en los precios mundiales de una canasta de productos alimenticios, entre ellos el azúcar, la carne, los cereales, los productos lácteos y el aceite vegetal.

En el último informe actualizado sobre la economía de Oriente Medio y Norte de África se estableció que el impacto del aumento de los precios de los alimentos entre marzo y junio de 2022, únicamente, podría haber incrementado el riesgo de retraso del crecimiento infantil entre un 17 % y un 24 % en los países en desarrollo, lo que se traduce en alrededor de 200 000 a 285 000 niños en riesgo de sufrir retraso del crecimiento.

En el informe, resalta el impacto de la inflación en el reciente aumento de la inseguridad alimentaria y se estimó que la inflación explicaba entre el 24 % y el 33 % de la inseguridad alimentaria aguda prevista para 2023 en la región.

2.6.5 Escala de seguridad alimentaria (FIES)

La FIES consiste en una encuesta llamada Escala de la Inseguridad Alimentaria Basada en la Experiencia, consta de ocho preguntas referentes al acceso de las personas a una

alimentación adecuada, estas cuestiones son sencillas y se logran incorporar sin problemas en diferentes clases de sondeos de población.

2.6.6 Ocho preguntas clave

Ocho preguntas breves integran la encuesta, estas experiencias pueden referirse a la situación de un encuestado de forma individual o de su hogar en conjunto. Las cuestiones están dirigidas a las prácticas, conductas y experiencias relacionadas con la alimentación de los encuestados, vinculadas con inconvenientes graduales para el acceso de la alimentación causado por la restricción de recursos. Las preguntas referidas se muestran en la tabla 2.6.1.

Tabla 2.6.1. Preguntas Escala de la Inseguridad Alimentaria Basada en la Experiencia

Durante los últimos 12 meses, ha habido algún momento en que, por falta de dinero u otros recursos:	
1. Se haya preocupado por no tener suficientes alimentos para comer	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
2. No haya podido comer alimentos sanos o nutritivos	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
3. Haya comido poca variedad de alimentos	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
4. Haya tenido que saltarse una comida	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
5. Haya comido menos de lo que pensaba que debía comer	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
6. Su hogar se haya quedado sin alimentos	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde
7. Haya sentido hambre pero no comió	0 No 1 Si 98 No sabe



	99 No responde
8. Haya dejado de comer durante todo un día	0 No 1 Si 98 No sabe 99 No responde

2.6.6 Significado de inseguridad alimentaria según la FIES

Incertidumbre acerca de la capacidad de obtener alimentos	SEGURIDAD ALIMENTARIA A INSEGURIDAD ALIMENTARIA LEVE
Se pone en riesgo la calidad de los alimentos y la variedad de los alimentos se encuentra comprometida	INSEGURIDAD ALIMENTARIA MODERADA: Esta persona: <ul style="list-style-type: none"> • No tiene dinero o recursos suficientes para llevar una dieta saludable. • Tiene incertidumbre acerca de la capacidad para obtener alimentos. • Es probable que se haya saltado una comida o se quede sin alimentos ocasionalmente.
Se reduce la cantidad de alimentos, se saltan comidas	INSEGURIDAD ALIMENTARIA MODERADA: Esta persona: <ul style="list-style-type: none"> • No tiene dinero o recursos suficientes para llevar una dieta saludable. • Tiene incertidumbre acerca de la capacidad para obtener alimentos. • Es probable que se haya saltado una comida o se quede sin alimentos ocasionalmente.
No se consumen alimentos durante un día o más	INSEGURIDAD ALIMENTARIA GRAVE: Esta persona: <ul style="list-style-type: none"> • Se queda sin alimentos. • Estuvo todo un día sin comer varias veces durante el año.



La FIES mide los factores determinantes de la seguridad alimentaria, por mencionar algunos los ingresos, la disponibilidad de alimentos y los posibles resultados, por ejemplo, el estado nutricional.

2.7. MEDICIÓN DE LA POBREZA, ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 2010-2020

De manera típica la medida de la pobreza ha sido desarrollada desde un punto de vista unidimensional, en donde se utiliza al ingreso como una aproximación del bienestar económico de la población. Aun cuando es evidente su utilidad y la gran aceptación que tiene en el orden mundial las magnitudes unidimensionales de pobreza han estado sometidas a detalladas revisiones

Las restricciones principales argumentan que la definición de pobreza concibe diversos componentes o medidas, en otras palabras, se trata de un evento de índole multidimensional que no puede ser considerado, de forma exclusiva y única, por los bienes o servicios que pueden obtener o adquirir en el mercado.

Acorde a lo asentado en el Artículo 36 de la [Ley General de Desarrollo Social](#), el CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) necesita fijar las pautas y las normas para efectuar la definición, la identificación y la dimensión de la pobreza en México, considerando como mínimo los siguientes indicadores:

- Ingreso corriente per cápita;
- Rezago educativo promedio en el hogar;
- Acceso a los servicios de salud;
- Acceso a la seguridad social;
- Calidad y espacios de la vivienda;
- Acceso a los servicios básicos en la vivienda;
- Acceso a la alimentación;
- Grado de cohesión social.
- Grado de accesibilidad a carretera pavimentada.

Los datos que el CONEVAL debe de utilizar para la medición de la pobreza en México



serán aquellos que genere el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con una frecuencia mínima de dos años para información estatal y de cinco años para el apartado municipal. Los lineamientos y los criterios generales para la definición, la identificación y la medición de la pobreza en México fueron publicados en los Lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza.

¿Cómo se construyó la medición multidimensional de la pobreza 2016 -2020?

1. Fuente de Información.

El INEGI realizó el levantamiento de la ENIGH (Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares) 2020 de agosto a noviembre de 2020.

2. Procesamiento

El CONEVAL procesa la información de la ENIGH que el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) publicó en su página oficial el 28 de julio de 2021.

3. Medición multidimensional

De acuerdo con los criterios establecidos en la *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México* (3ra edición) y con los datos de la ENIGH, el CONEVAL realiza las estimaciones de pobreza multidimensional 2016-2020 a nivel nacional y entidad federativa.

4. Difusión de resultados

El CONEVAL publica en el año 2021 las cifras de pobreza multidimensional a nivel nacional y estatal 2016-2020 en su página oficial y redes sociales.

El porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, carencia social y bienestar económico Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020, se muestran en la tabla 2.7.1.

Tabla 2.7.1. porcentaje, número de personas y carencias promedio por indicador de pobreza, carencia social y bienestar económico Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020

Indicadores	Porcentaje			Millones de personas			Carencias promedio		
	2016	2018	2020	2016	2018	2020	2016	2018	2020
Pobreza									
Población en situación de pobreza	43.2	41.9	43.9	52.2	51.9	55.7	2.2	2.3	2.4
Población en situación de pobreza moderada	36.0	34.9	35.4	43.5	43.2	44.9	2.0	2.0	2.1
Población en situación de pobreza extrema	7.2	7.0	8.5	8.7	8.7	10.8	3.6	3.6	3.6
Población vulnerable por carencias sociales	25.3	26.4	23.7	30.5	32.7	30.0	1.8	1.8	1.9
Población vulnerable por ingresos	7.6	8.0	8.9	9.1	9.9	11.2	0.0	0.0	0.0
Población no pobre y no vulnerable	24.0	23.7	23.5	28.9	29.3	29.8	0.0	0.0	0.0
Privación social									
Población con al menos una carencia social	68.5	68.3	67.6	82.7	84.6	85.7	2.1	2.1	2.2
Población con al menos tres carencias sociales	20.0	20.2	23.0	24.2	25.0	29.2	3.5	3.5	3.5
Indicadores de carencia social									
Rezago educativo	18.5	19.0	19.2	22.3	23.5	24.4	2.7	2.8	2.8
Carencia por acceso a los servicios de salud	15.6	16.2	28.2	18.8	20.1	35.7	2.7	2.7	2.8
Carencia por acceso a la seguridad social	54.1	53.5	52.0	65.4	66.2	66.0	2.3	2.3	2.5
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	12.0	11.0	9.3	14.5	13.6	11.8	3.1	3.2	3.4
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	19.2	19.6	17.9	23.1	24.3	22.7	3.0	3.0	3.1
Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad	21.9	22.2	22.5	26.5	27.5	28.6	2.6	2.6	2.7
Bienestar económico									
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	14.9	14.0	17.2	18.0	17.3	21.9	2.5	2.5	2.5
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	50.8	49.9	52.8	61.3	61.8	66.9	1.9	1.9	2.0

El porcentaje y número de personas en situación de pobreza en los Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020, se muestran en la figura 2.7.1.

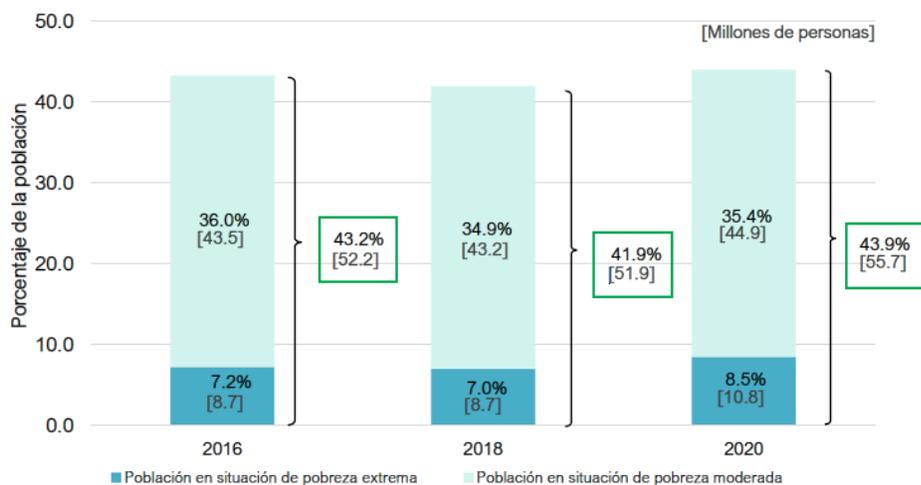


Figura 2.7.1. porcentaje y número de personas en situación de pobreza en los Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020.

La carencia por acceso a la alimentación y Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad en los Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020 se muestran en la figura 2.7.2.

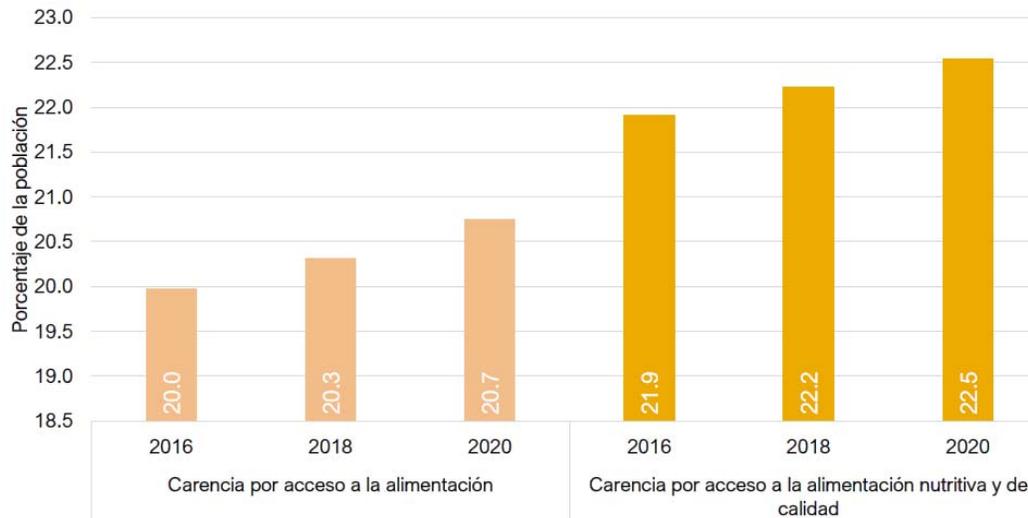


Figura 2.7.2 Carencia por acceso a la alimentación y Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad en los Estados Unidos Mexicanos 2016 -2020

3. ANTECEDENTES

Algunos de los investigadores que estudian la aplicación del secado de alimentos utilizando energía solar, se han concentrado en mejorar aspectos negativos de la misma, en pos de lograr procesos viables, por tal motivo, sus líneas de investigación son amplias. Sharma (2008), describe una revisión exhaustiva de distintos diseños de secadores solares, especificaciones de construcción y principios de funcionamiento, además de las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos, en la revisión destacan dos grandes grupos de secadores que utilizan energía solar, los secadores pasivos o de convección natural y los secadores de energía solar activos o de convección forzada(11). Por otra parte, Hernández (2010), analiza el proceso de secado del chile habanero usando energía solar y lo comparan con respecto al realizado en un secador convencional tipo convectivo. Realizando pruebas preliminares encontraron que se puede lograr un secado de calidad del chile habanero con temperaturas a partir de los 50°C, cuando se corta en rodajas de espesor de entre 0.3 y 1.3 cm. Los resultados obtenidos muestran que se requieren de 720 minutos de tiempo de operación efectiva del secador solar para alcanzar un contenido de humedad final de 5% wb(20).

Belessiotis, (2011), describe varias aplicaciones de secadores directos e indirectos, también exponen una breve descripción histórica del secado solar a través de los siglos. Describen algunos fenómenos de secado, independientemente del tipo de energía utilizada, hablan sobre colectores solares especializados utilizados en el secado y

métodos de acoplamiento a distintos paneles solares y dan un ejemplo de secado de uvas para producir pasas mediante radiación solar indirecta(21).

Por otro lado, García (2016), presentan una revisión bibliográfica de trabajos experimentales publicados sobre la implementación de secadores solares tipo túnel Hohenheim, presentan las características principales del secador, sus componentes, configuración geométrica y materiales, así como algunas modificaciones realizadas al diseño original(16).

Bistoni (2015), analizó el diseño de un secador solar tipo gabinete compuesto de tres estantes con radiación solar directa. Para la evaluación del diseño se simuló con el software Simusol el circuito eléctrico obtenido de la analogía entre los fenómenos térmicos y los eléctricos presentes en la transferencia de calor asociados a las corrientes y a resistencias eléctricas. Se demostró que el equipo es eficiente cumpliendo con las expectativas del diseño al contar con tres estantes. El secador cuenta con tres temperaturas diferentes permitiendo realizar el secado de distintos productos(14).

Los secadores solares no solo ofrecen las posibilidades de la conservación de alimentos, pueden ser implementados como alternativa para el procesamiento de residuos de agroindustria propiciando su aprovechamiento en distintas aplicaciones. Andión Torres (2012), estudiaron la aplicación del secado solar en la deshidratación de residuos de productos cítricos, convirtiendo los desechos en subproductos para el aprovechamiento en la industria farmacéutica. Toda la industria alimentaria presenta la problemática del manejo adecuado de los desechos que se puede convertir en problema medio ambiental(22).

Por su parte Cruz (2012) evaluó dos procesos para el deshidratado del fruto algarroba (*Prosopis alba*) mediante el secado tradicional y un secador solar. El análisis se realizó comparando la cinética de deshidratado entre ambos procesos, considerando parámetros técnicos de medición a tiempos regulares de radiación, temperaturas, variación del peso de las muestras, humedad ambiente y de cámara del equipo solar. Se determinó que existen diferencias significativas en la capacidad de deshidratado de cada técnica, el sistema con mayor eficiencia fue el del secado solar(23).

Castillo Téllez (2019), realizó un análisis comparativo entre tres tipos de secado para el deshidratado de nuez de la india (*Anacardium occidentale*), para el estudio de la

eficiencia de los tres métodos de secado se registraron las temperaturas, humedad relativa dentro de la cámara y pérdida de peso, lo que permitió obtener la cinética de cada proceso. La comparación dio como resultado que el deshidratado en el secador solar INENCO presenta mayor rendimiento.

En la investigación de García (2012), podemos observar un estudio matemático del rendimiento de un secador solar de flujo de aire inducido, lo compararon con el rendimiento de equipos de similares características, pero que funcionan mediante combustibles convencionales. El diseño contempla el análisis matemático del colector solar, cámara de secado y sistema de ventilación. Se realizaron pruebas de deshidratación de 10 kg de Uchuva (*Physalis peruviana*), para comprobar la eficiencia se compararon los datos obtenidos en equipos de deshidratación tradicionales, secadores de energía fósiles y dicha propuesta de secador. A pesar de que el proceso del secador solar puede tardar poco más de cinco horas extra, al utilizar este tipo de equipo resultó un ahorro energético de 250 kWh(24).

Continuando con las evaluaciones comparativas Iriarte y Bistoni (2018), indagaron sobre la cinética de deshidratado de manzana en dos tipos de secadores soles, el secador solar tipo túnel de laboratorio con convección forzada, es decir cuándo el fluido involucrado en el proceso es movido por medios externos (un ventilador por ejemplo) y en un secador solar con convección natural, es decir cuando el transporte de calor no se genera por medios externos (como una bomba, ventilador, etc.), es decir solo por diferencias de densidad en el fluido ocurriendo debido a gradientes de temperatura. La cinética permite realizar el modelado matemático del rendimiento lo que permite comparar ambos procesos, para realizar ajustes que mejoren la eficiencia y calidad del producto deshidratado. De igual forma se realizó un estudio térmico de ambos equipos. El producto fue tratado previamente con jugo de limón y meta bisulfito de sodio, el jugo de limón resultó con mayor velocidad de secado, mejor apariencia y menor toxicidad en los dos ensayos(14).

Oliveros Tascón (2017), presenta un trabajo de evaluación de materiales plásticos para la construcción de cubiertas de secadores soles tipo túnel. La importancia del estudio radica en evaluar la resistencia de materiales a la degradación ocasionada por la radiación solar. El deterioro temprano del material ocasiona que los productores opten



por secadores mecánicos. La investigación busca alternativas para prologar la vida útil del material de las cubiertas sin alterar el tiempo de secado, arrojando como resultado la utilización plásticos reforzados.(15).

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de secadores de alimentos, independientemente del tipo de energía utilizada es amplio, sin embargo, su implementación aún no alcanza la importancia debida. El presente proyecto propuesta pretende que además de la construcción del secador se diseñe un prototipo que pueda ser replicado e implementado en otras zonas rurales pesqueras del país.

El proyecto propuesto pretende alcanzar una viabilidad tanto técnica como social, que permitirá el desarrollo de una industria de base tecnológica aprovechando los recursos marinos deshidratados, con una alta posibilidad de comercialización y de auto sustentabilidad.

Por los motivos expuestos el objetivo del proyecto es construcción, instrumentación y control de un secador solar para productos marinos

5. JUSTIFICACIÓN

Una vez elaborado el diseño y el proyecto sea puesto en marcha permitirá a los pescadores acopiar su materia prima, deshidratarla y obtener ganancias adicionales con productos innovadores higiénicos e ino cuos para satisfacer el auto abastecimiento o la comercialización. Además, el proyecto de la planta dará cabida de forma paralela para el desarrollo de nueva tecnología, utilizando energía solar térmica y alguna otra, permitiendo así contar con un prototipo que puede generar información de tipo técnico para el diseño de sistemas en un futuro.

El proyecto propuesto pretende alcanzar una viabilidad tanto técnica como social, que permitirá el desarrollo de una industria de base tecnológica aprovechando los recursos marinos deshidratados, con una alta posibilidad de comercialización tanto a nivel regional, estatal como nacional.

En México solamente se explotan las especies marinas con alto valor comercial, devolviendo al mar o desperdiciando un porcentaje considerable de alimentos que pueden ser aprovechados. La propuesta consiste en activar la economía de recuperación



de estas especies, deshidratándolas con energía solar y brindando un valor agregado, así como el potencial aprovechamiento de utilización de los desperdicios de la pesca y de la actividad acuícola, beneficiando a las unidades de producción menos favorecidas del Estado de Campeche.

La implementación de la Planta dinamizará la economía formal de la comunidad y brindará beneficios sociales y ambientales, a través de un Sistema Integrado de Gestión (SIG).

6. OBJETIVO GENERAL

Construir, instrumentar y controlar un secador solar para productos marinos.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Simular el proceso de secado analizando las variables críticas del mismo.
- Automatizar secador solar para controlar las variables (temperatura, humedad, velocidad del aire, peso, radiación solar).
- Reducir la posibilidad de desperdicio de productos marinos
- Proporcionar una opción a los pescadores de Campeche que les permita comercializar sus productos para mejorar sus ingresos.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 DISEÑO DEL SECADOR

Para el diseño del secador solar mixto se parte con el análisis de condiciones meteorológicas del estado de Campeche, concretamente de algunas zonas pesqueras, además de características experimentales de algunos productos marinos. Se utilizará una estación actinométrica Esta estación registra un gran número de parámetros ambientales, solo interesarán para este estudio la radiación solar, la temperatura ambiente y humedad relativa del aire.

El presente trabajo es un estudio experimental, clasificado dentro de los proyectos de



desarrollo tecnológico y construcción de prototipo.

Actualmente se desarrolla el diseño del prototipo en el software solidWorks y posteriormente se pasará a la etapa de construcción, siendo un secador solar con aire caliente forzado para secar el alimento, además en la cámara de secado la radiación solar incidirá directamente sobre el alimento motivo por el cual es considerado secador solar mixto.

En el secador solar se instalará un sistema de control para medir las variables, en este caso las variables cuantitativas como la temperatura del aire y la humedad relativa.

El mencionado sistema de control se complementará con un elemento eléctrico que calentará el aire a la entrada de la cámara de secado.

El deshidratador solar contará con una salida de aire para que este pueda ser expulsado al exterior.

También se tiene prevista una instalación fotovoltaica que alimentará al elemento eléctrico que generará el calor.

Se utilizarán sensores LM75 y HS101, para medir la temperatura de circulación del aire y la humedad relativa, respectivamente.

Las ecuaciones matemáticas que se utilizarán una vez construido el secador para realizar las pruebas tanto en vacío como con carga se enumeran en la tabla 1.

Tabla 8.1. Fórmulas a implementar en el cálculo de diseño.

Parámetros	Definición matemática
Incremento de la temperatura del aire al pasar por el colector	$\Delta T = 2\beta(T_b - T_c)\left(\frac{I_t}{I_o}\right)$
Humedad a retirar de 5 kilos de productos marinos	$M_w = \frac{M_w(M_{iwb} - M_{fwb})}{1 - M_{fwb}}$
Volumen total de aire necesario	$V_a = \frac{M_w L_t R_a T_a}{C_{pa} P_a (T_o - T_f)}$
Temperatura del aire de salida de la cámara	$T_f = T_a + 0.25(\Delta T)$
Temperatura del producto	$T_{pt} = 0.25(3T_o + T_a)$
Calor latente de vaporización	$L_t = R_g T_c T_b \ln\left(\frac{P_c}{10^5}\right) \left[\frac{(T_c - T_{pt})^{0.38}}{T_c - T_b}\right]$
Peso de aire	$G = V_a / t$



Área de la cámara de secado	$A = \frac{W_w}{\rho h_1 \xi (1 - \varepsilon_v)}$
Intensidad de carga de las bandejas	$L = \rho h_1 \xi (1 - \varepsilon_v)$
Área de captación Solar	$\eta_s = \frac{M_w L_t}{I_t A_c}$

8.1.1 Cálculo del flujo de aire necesario para el secado

Hematian *et al.* (2012) plantearon que el aumento de la temperatura del aire ambiente al pasar por un colector solar es:

$$\Delta T = 2\beta(T_b - T_c)\left(\frac{I_t}{I_o}\right)$$

Dónde: ΔT es la diferencia de temperatura entre el aire que sale del colector y el aire del ambiente; β es un parámetro adimensional que tiene valores entre 0.14 - 0.25, T_b es la temperatura de ebullición del agua a presión atmosférica (100 °C); T_c es la temperatura de congelación del agua a presión atmosférica (0 °C); I_t es la intensidad de la radiación solar incidente promedio sobre el plano del colector; y I_o es la constante solar (1 367 W m⁻²).

La cantidad de agua que se debe extraer al producto para llevarlo a la humedad final es según Forson *et al.* (2007).

$$M_w = \frac{M_w (M_{iwb} - M_{fwb})}{1 - M_{fwb}}$$

Dónde: W_w es la masa inicial; M_{iwb} es la humedad inicial base húmeda del alimento; M_{fwb} es la humedad final del alimento base húmeda.

Volumen total de aire necesario:

$$V_a = \frac{M_w L_t R_a T_a}{C_{pa} P_a (T_o - T_f)}$$

Dónde: $R_a = 283 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (constante de los gases ideales); P_a es la presión parcial del aire seco en la atmósfera; $C_{pa} = 1.012 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (calor específico del aire a presión constante), T_f es la temperatura promedio del aire que sale de la cámara de secado; L_t es calor latente de evaporación. $T_f = T_a + 0.25 (\Delta T)$, donde: T_a es la temperatura promedio del aire ambiente y $T_o = 323 \text{ K}$ (temperatura de salida del aire del colector) (Cengel y Boles, 2011).

Temperatura del aire de salida de la cámara:

$$T_f = T_a + 0.25(\Delta T)$$

La temperatura promedio del producto durante el secado (T_{pt}) se estimó como la media ponderada de las temperaturas T_o y T_a : $T_{pt}=0.25(3T_o+T_a)= 316.5$ K (Aquino *et al.*, 2009). Chávez (2012) propone que el valor del calor latente de evaporación se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$L_t = R_g T_c T_b \ln \left(\frac{P_c}{10^5} \right) \left[\frac{(T_c - T_{pt})^{0.38}}{T_c - T_b} \right]$$

Dónde: R_g es la constante de los gases para el vapor de agua ($461 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T_b es el punto de ebullición del agua (373 K); P_c es la presión crítica del agua (22.1 MPa); T_c es la temperatura crítica del agua (647.4 K) (Hernández, 2014).

El flujo de aire necesario para el secado del producto se obtuvo por:

$$G = Va/t$$

Dónde: t es el tiempo necesario para el secado del producto hasta su humedad de equilibrio.

8.1.2 Cálculo del área de secado en el interior de la cámara

Forson *et al.* (2007) plantea que el área efectiva para el secado (A) puede ser calculada por:

$$A = \frac{W_w}{\rho h_1 \xi (1 - \varepsilon_v)}$$

Dónde: ρ =densidad del producto en condiciones húmedas; h_1 = espesor de la capa de producto en la bandeja (0.01 m); ξ = porosidad del producto; ε_v = fracción de la bandeja que queda vacía determinada experimentalmente ($\varepsilon_v = 0.3$).

La densidad de carga de las bandejas se determina por:

$$L = \rho h_1 \xi (1 - \varepsilon_v)$$

8.1.3 Cálculo del área de captación de la energía solar incidente

El área de captación de un colector solar está relacionada con la eficiencia del sistema de secado (η_s) que viene dada por la ecuación: (Duffie y Beckman, 1980).

$$\eta_s = \frac{M_w L_t}{I_t A_c}$$

Dónde: A_c es el área total de captación; I_t es la energía incidente sobre el secador.

8.1.4 Determinación de la curva de secado

Para trazar la curva de la cinética de secado de un producto es necesario medir su pérdida de su peso en intervalos fijos de tiempo. La relación de secado se determinó con la siguiente expresión (García et al., 2015; Doymaz, 2004).

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt}$$

DR arroja la curva de secado ($kg_{agua}kg_{seco}^{-1}$); ($M_{t+dt} - M_t$) es la variación de la masa del producto (kg) y dt es la variación del tiempo.

Se realizarán evaluaciones con el secador vacío es decir sin carga y con carga del secador solar en las cuales se obtendrán valores promedio de humedad y temperatura del aire en la cámara de secado, la temperatura promedio del aire del ambiente y la radiación solar promedio, se tomará el tiempo de secado de algunos productos, se presentarán las curvas de secado del producto, además de la variación del peso, humedad y la humedad libre respecto al tiempo.

Por otra parte, es importante considerar otros aspectos básicos a evaluar para seleccionar un secador solar, estos se enumeran en la tabla 8. 2.

Tabla 8.2. Parámetros a evaluar en deshidratadores solares

1	Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo y tamaño • Área del colector • Capacidad de secado • Área y número de bandejas de la cámara de secado
2	Comportamiento térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Radiación solar local • Tiempo de secado y velocidad del secado • Temperatura y humedad del aire • Velocidad del aire
3	Propiedades del Producto	<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas, húmedo y seco • Acidez, alcalinidad y corrosividad • Peso del producto
4	Características de secado del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido inicial de humedad • Contenido final de humedad



		<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima de secado • Tiempo de secado
5	Económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo del secador • Costo del secado • Recuperación de la inversión

9. CRONOGRAMA

Actividad	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4
Revisión de literatura	X	X	X	
Propuesta de diseño y construcción de secador solar	X	X		
Instrumentación de secador solar	X	X		
Simular el proceso de secado analizando las variables críticas del mismo.		X		
Automatización para controlar las variables (temperatura, humedad, velocidad del aire, irradiancia).			X	
Seguimiento de cinéticas durante la experimentación en el secador de productos marinos, seguimiento de cinéticas			X	
Establecimiento de condiciones durante el secado para reducir la pérdida de nutrientes durante el secado de productos marinos			X	X
Redacción de artículo indexado			X	
Redacción de tesis	X	X	X	X



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. C. Tecni C. Secado Solar. *Agrowaste*. 2013;02:1–6.
2. Gabriela S, Mecalco D, Ruth D, Pantoja Z, Natividad BI, Irma E, et al. ALIMENTOS MARINOS : TIPIFICACIÓN Y PROCESO DE ALMACENAMIENTO. 2005;
3. Beneficios del consumo de pescado 1.
4. Gómez J, De Berrazueta J. Consumo De Pescado, Omega- 3 Y Factores De Riesgo Cardiovascular. *Rev Med*. 2007;15(2):218–24.
5. Rural A, Alimentos YDDE. ALMACENAMIENTO RURAL. 2019;
6. Bulnes CA, Best R, Lejos B. ENERGÍA del. 2010;
7. Energías Renovables. Solar termoeléctrica: España, protagonista mundial. *Energías Renov*. 2011;(102).
8. Hernández-Gómez V, Olvera-García O, Guzmán-Tinajero P, Morillón-Gálvez D. Secado de frutas y verduras con energía solar. Artículo *Rev Sist Exp Junio* [Internet]. 2017;4(11):22–33. Available from: www.ecorfan.org/bolivia
9. Martínez Pillet V. El sol, nuestra estrella. *Rev Digit Univ* [Internet]. 2009;10:17. Available from: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art67/art67.pdf>
10. Navntoft C, Cristóbal MP. Introducción a la energía solar térmica. <https://www.Argentina.Gob.Ar/www.Argentina.Gob.Ar>. 2019. 1–64 p.
11. Sharma A, Chen CR, Vu Lan N. Solar-energy drying systems: A review. *Renew Sustain Energy Rev*. 2009;13(6–7):1185–210.
12. Escobar JC, Escobar RC, Lozada DG, Carrasco DC, Oña GC. Metodología de Diseño de un Deshidratador Solar Indirecto de Frutos por Convección Forzada. *Eur Sci J ESJ*. 2019;15(18):140–51.
13. Garduño-García; Á, López-Cruz IL, Ruiz-García A. Mathematical modeling of greenhouse solar dryers with natural and forced convection for agricultural products: state of the art. *Ing Agrícola y Biosist*. 2017;9(1):19–36.
14. Bistoni S, Iriarte A, Fagonde V. Secadero solar con estantes. 2015;16(1):22–33.
15. Aien S, Judith F. Actualización del estado de arte del secado solar de alimentos a partir de una revisión bibliográfica latinoamericana. 2022;23.
16. Patricia S, Andrade C. agricultural products : Literature Review. 2016;7–19.
17. Torres-Gallo R, Miranda-Lugo PJ, Martínez-Padilla KA. Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca. *Tecnológicas*. 2017;20(39):69–81.
18. Qu C. El agua en los alimentos 1. 2004;1–28.
19. Guzmán R, Torán R, Guzmán P. Método Simplificado para Estimar la Actividad del Agua en Deshidratación de Hortalizas. 2006;1–9.
20. Hernández R J, Martínez V. O, Quinto D P, Cuevas D J, Acosta O. R, Aguilar JO. Secado De Chile Habanero Con Energía Solar. *Rev Iberoam Tecnol Poscosecha*. 2010;10:120–7.
21. Belessiotis V, Delyannis E. Solar drying. *Sol Energy* [Internet]. 2011;85(8):1665–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2009.10.001>
22. Ronald S, Cu A-T, Suárez-Rodríguez JA, Ciro S, Bergues-Ricardo C. Evaluación experimental de un secador solar tipo G abinete para el secado de hollejo de



- naranja. *Tecnol Química*. 2012;XXXII(2):186.
23. Entre C, Solar S, Tradicionales YM, Noa DEL. El deshidratado de los frutos de algarroba (*prosopis alba*). análisis comparativo entre secador solar y metodos tradicionales del noa. 2012;16:33–9.
 24. García LE, Mejía MF, Mejía DJ, Valencia CA. Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales. *Av Investig en Ing*. 2012;9(2):9–19.