

Eludir al Gigante del Cambio Climático

El Potencial de los Policultivos de Cultivos Básicos y los Sistemas de Invernaderos Solares Pasivos para Salvaguardar la Seguridad Alimentaria

Por Cora Moran

Traducción al Español por Aline Castañeda Cadena

RESUMEN

Las prácticas de cultivo de policultivos de tubérculos utilizadas junto con los invernaderos solares pasivos inspirados en el diseño de permacultura ofrecen una metodología novedosa para la producción de cultivos alimentarios básicos ecológicamente benigna y eficiente. Estos sistemas tienen un gran potencial para abordar el tema de la seguridad alimentaria frente al cambio climático abrupto y pueden servir como una herramienta para que grupos marginados como los pueblos indígenas mantengan su seguridad alimentaria y preserven su patrimonio botánico y, al hacerlo, salvaguardar la diversidad genética de especies raras de cultivo. Este documento describe cómo se pueden utilizar estos sistemas para estos fines y aboga por una mayor investigación y estudios de campo para desarrollar metodologías prácticas y una mayor comprensión teórica de los policultivos inspirados en la permacultura.

Palabras clave: cambio climático, permacultura, policultura, sistemas de invernaderos

Gigante

“Una gran fuerza u organización poderosa que no se puede detener” (Cambridge University Press, 2021)

El cambio climático a veces se describe como un gigante, una gran monstruosidad imparables que se precipita cuesta abajo hacia nosotros. Si bien es posible que no sea posible detenerlo o dejarlo atrás por completo, es posible eludir algunos de sus efectos. El cambio climático ya está causando una gran perturbación en países de todo el mundo, con fenómenos meteorológicos extremos cada vez más graves y frecuentes.

Quizás el aspecto más vulnerable de la sociedad frente a este pensamiento es la producción de alimentos.

Nuestra situación actual y posibles estrategias de adaptación

Es probable que los métodos de cultivo convencionales de cultivos de campo se enfrenten a rendimientos notablemente reducidos en muchas partes del mundo con un cambio climático abrupto y en muchos lugares pueden volverse completamente insostenibles. La trayectoria actual de las emisiones bien puede suponer un aumento de 4 grados centígrados

en la temperatura media global para finales de siglo, lo que tendrá profundas implicaciones para la agricultura a nivel mundial (Raftery et al. 2017, p. 639). Además de los aumentos de temperatura, esto conducirá a patrones climáticos más erráticos con una frecuencia e intensidad crecientes de eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones y olas de calor que afectarán sustancialmente los rendimientos agrícolas en un momento en que existe una demanda mundial creciente (The World Banco 2012, pp.43-46). Estas condiciones representan una grave amenaza para la seguridad alimentaria a nivel mundial, ya que los cultivos de cereales, que normalmente se cultivan en grandes monocultivos y proporcionan una proporción sustancial de las necesidades calóricas humanas, son muy vulnerables a estos cambios (John, 2021). Por ejemplo, el 40 % de la demanda mundial de calorías actualmente lo proporciona solo el arroz, el trigo y el maíz (FAOa, 2018). El clima podría conducir a ‘múltiples fallas en el granero’, una falla simultánea de estos cultivos básicos en las principales regiones productoras de granos del mundo, principalmente enfocadas en un puñado de naciones en latitudes medias como Estados Unidos, Rusia y China. (Janetos et al., 2017). El riesgo ya está aumentando año tras año y podría conducir a una escasez mundial de alimentos (Rivington et al., 2015).

La principal alternativa a los cereales como alimento básico vegetal en la dieta humana son las hortalizas de raíz y los tubérculos (Jones, Martin y Pilbeam 2007, p.374). Aunque a menudo se almacenan peor y tienen mayores requisitos de mano de obra que los granos, pueden

proporcionar calorías de una manera mucho más eficiente en el espacio con diferencias sustanciales de rendimiento por hectárea en comparación con los cultivos de granos (FAOb, 1990). Debido a su alta densidad de rendimiento, también son más fáciles de cultivar de manera eficiente en sistemas de policultivo. Estos sistemas suelen ofrecer una mayor resiliencia a las plagas y mayores rendimientos que los monocultivos (Bracken 2008, pp.2446-2449). También hay varios cultivos productivos de raíces y tubérculos que tradicionalmente han sido cultivados por pueblos indígenas (Plants for a Future, 2012) que actualmente rara vez se cultivan pero que prometen ser cultivados comercialmente (Neacsu, 2019).

Actualmente, se está desarrollando una gama de métodos agrícolas y nuevas variedades de cultivos, como la mejora de granos perennes y cultivos de ingeniería genética para resistir sequías mayores, a fin de abordar el riesgo que el cambio climático representa para la seguridad alimentaria (Mbow et al. 2019, p.471, 504). Una estrategia que se ha propuesto es cultivar en ambientes controlados, como invernaderos y granjas verticales, como uno de los medios a través de los cuales la producción de alimentos puede mantenerse de manera eficiente en un clima futuro tan inhóspito (Chang, 2019). Si bien estas técnicas tienen valor, por lo general tienen altos requisitos de energía y se utilizan para cultivar verduras, frutas o ensaladas de lujo que son importantes para la salud humana pero solo proporcionan una pequeña proporción de las necesidades calóricas globales (Chang, 2019).

Sin embargo, las condiciones estables proporcionadas por la agricultura de invernadero pueden resultar invaluable con la disminución de los rendimientos del cultivo al aire libre en muchos países en un clima que cambia rápidamente. Si la producción de invernadero se puede utilizar con requisitos de energía mucho más bajos que la mayoría de los sistemas comerciales, también pueden tener posibilidades de cultivar plantas de calorías en forma de tubérculos y tubérculos. Estos se pueden cultivar de manera mucho más eficiente en cuanto al espacio que los granos, que tienen un rendimiento por unidad de área demasiado bajo para que sea práctico crecer a una escala suficiente en condiciones de invernadero.

Estrategias óptimas para promover la seguridad alimentaria y reducir los impactos ecológicos de la agricultura ante el cambio climático

A nivel mundial, la agricultura es responsable de aproximadamente el 11 % de las emisiones totales de carbono del mundo (Center for Climate Solutions, 2019). Se han presentado una variedad de iniciativas, como el desarrollo de variedades de cultivos tolerantes al calor y la utilización de métodos de cultivo sin labranza, para reducir los impactos del cambio climático en la agricultura y reducir la contaminación agrícola al tiempo que se maximiza la eficiencia laboral y se mejoran los rendimientos (Immenschuh, 2014).

Si bien las prácticas agrícolas convencionales están progresando en la mejora de los niveles de eficiencia y conservación de los recursos al tiempo que mejoran los rendimientos (Ritchie y Roser, 2019), se está progresando menos con respecto a la conservación de la biodiversidad (Schwägerl, 2016). Podría decirse que la pérdida global de biodiversidad es la otra gran crisis de nuestro tiempo, que interactúa con los efectos del cambio climático. Tales pérdidas debilitan la resiliencia de los ecosistemas, lo que lleva a la pérdida de formas de vida tradicionales y medios de subsistencia para los pueblos indígenas de todo el mundo y socava la capacidad mundial general para la producción de alimentos (Barnosky et al. 2012, p. 57).

Se han desarrollado métodos alternativos de agricultura que sitúan la biodiversidad en el centro del sistema, a saber, la agroecología; “la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles” (Tallarico, 2019). Hay una variedad de metodologías dentro de la agroecología, con el objetivo general de mantener los altos rendimientos necesarios para una población mundial en crecimiento mientras se conserva la biodiversidad junto con la conservación general de los recursos y la mitigación de la contaminación. Se ha demostrado que la ‘agricultura biointensiva’, por ejemplo, brinda altos rendimientos en un área de tierra pequeña, incluidas las evaluaciones dentro de

un entorno cerrado (Ecology Action, 2010), pero requiere una gran cantidad de mano de obra para obtener rendimientos suficientes (Nauta, 2012).

La permacultura es un movimiento que se ha desarrollado en paralelo a la agroecología como una metodología de diseño predominantemente enfocada en la producción de alimentos y puede verse como una perspectiva sobre el diseño de sistemas agroecológicos (Tallarico, 2019). Es un marco conceptual para evaluar y adoptar métodos existentes (Krebs & Bach 2018, p.5) y es un sistema de diseño específico del sitio y basado en el contexto (Krebs & Bach 2018, p.9). Aunque actualmente está menos representado en la literatura científica, existe evidencia científica que respalda los principios de diseño individuales en un contexto agroecológico (Krebs & Bach 2018, p.3). Puede definirse como “el diseño y mantenimiento consciente de ecosistemas agrícolas productivos que tienen la diversidad, estabilidad y resiliencia de los ecosistemas naturales” (Tallarico, 2019).

La permacultura es un sistema de diseño que se desarrolló emulando patrones y

características observadas en los ecosistemas naturales; se basa en una serie de principios de diseño que brindan una metodología accesible para que las comunidades mejoren su seguridad alimentaria (Althouse 2016, p.10). El concepto de permacultura fue cofundado por David Holmgren y Bill Mollison, quienes presentaron los principios en 1974; estos fueron definidos más claramente en 12 principios en 2002 por David Holmgren (Althouse 2016, p.12). El trabajo de David Holmgren se basó principalmente en el trabajo de Howard T Odum, un ecólogo cuyo trabajo se basó en la teoría de sistemas (Holmgren, 2003).

Los 12 principios de diseño estándar se organizaron aún más en un proceso de diseño, desarrollado inicialmente por Althouse (2016) para proporcionar un marco dentro del cual pudieran implementarse al crear soluciones de diseño (Althouse 2016, p.72). Este marco también ha sido recomendado para su uso en Moran (2019) y Mempouo & Moran (2019). Este marco se puede utilizar como plantilla para crear soluciones de diseño y se describe a continuación:

Tabla 1: Proceso de diseño usando principios de diseño de permacultura

Inventario & Análisis	Determinar Necesidades	Diagramas Funcionales	Diseño Conceptual	Diseño Final
Observar & interactuar	Tomar & almacenar energía	Diseño de patrones a detalles	Utilizar soluciones pequeñas & pausadas	Utilizar creativamente & responder al cambio
Aplicar auto-regulación & aceptar retroalimentación	Obtener rendimiento	Integrar en vez de segregar	Uso & diversidad de valor	
Uso & valor de recursos renovables & servicios	Producir cero desperdicio		Usar bordes & valorar lo marginal	

(Althouse 2016, p.28)

La permacultura también tiene el potencial de proporcionar un marco que se puede utilizar de forma complementaria al conocimiento ecológico tradicional para proporcionar a las comunidades un conjunto de herramientas a partir del cual pueden diseñar sus sistemas. Como defienden McCleary y Moran (2019), los bosques alimentarios de los gremios de permacultura tienen el potencial de mejorar la seguridad alimentaria de los pueblos indígenas en un clima cambiante. Estas técnicas también se pueden utilizar para crear gremios en forma de policultivos de hortalizas de raíz, como se propone en este documento para futuras investigaciones, utilizando principios ecológicos para maximizar el rendimiento

(Wooldridge, 2016). Uno de esos principios es el ‘Efecto de borde’, un principio ecológico donde hay una “tendencia a tener una mayor variedad y densidad de organismos en la zona límite entre las comunidades” (Lawrence 2000, p.183). Este principio se utiliza en bosques alimentarios de permacultura que buscan imitar la productividad ecológica de un borde de bosque con plantas que crecen en todos los niveles, desde el dosel de los árboles hasta la cubierta del suelo, maximizando la eficiencia fotosintética y la productividad de los cultivos por unidad de área (Crawford 2010, p.29). Este principio se observa en la etapa de diseño del concepto del proceso de permacultura anterior como ‘Usar bordes & valorar lo marginal ‘.

Este principio podría utilizarse para policultivos de tubérculos, por ejemplo, con cultivos que crecen en hileras en una estructura semicircular, como un politúnel, orientado para obtener la máxima luz solar según la ubicación geográfica. En tal configuración, el cultivo más alto podría cultivarse en la fila central, con cultivos sucesivamente más cortos en filas a cada lado para maximizar la eficiencia fotosintética y espacial de la producción por unidad de área y cultivar una diversidad saludable de especies para minimizar los problemas de plagas. Este enfoque también podría

utilizarse con prácticas beneficiosas estándar, como la rotación de cultivos con policultivos de leguminosas, cultivos de cobertura y otros métodos para mantener la fertilidad del suelo junto con la recolección de agua de lluvia en los techos y otros métodos de diseño para minimizar los requisitos de insumos. En la sección “Ejemplos de estudios de casos” a continuación se proporcionan ejemplos detallados específicos de especies de cultivos. Tal configuración también podría usarse en forma triangular para una estructura, como el invernadero solar pasivo de ejemplo que se muestra a continuación en la Figura 1:



Figura 1: Invernadero solar pasivo (Crook, 2021)

Si bien hay una variedad de tipos de invernaderos, generalmente se evalúan de acuerdo con su utilidad como la herramienta más adecuada para un conjunto particular de requisitos de cultivo en lugar de que un tipo necesariamente se considere superior a los demás. La mayoría de los invernaderos comerciales, por ejemplo, son grandes invernaderos que pueden

proporcionar rendimientos muy altos de cultivos comerciales. También tienden a tener altos costos de energía para calentarlos y enfriarlos debido a los valores de aislamiento relativamente bajos de las cubiertas de vidrio o policarbonato (Awad, 2012) en comparación con materiales como la tierra o el ladrillo, que normalmente se construyen con aislamiento adicional o características

como espacios aéreos internos (Archtoolbox, 2022). También se están desarrollando nuevas tecnologías innovadoras como los invernaderos de agua de mar (Sundrop Farms, 2016).

Los invernaderos solares pasivos también ofrecen una gran promesa como sistema para cultivar alimentos de una manera eficiente en términos de energía y espacio, particularmente en el contexto de la alteración del clima. A diferencia de los invernaderos comerciales típicos en los que las paredes y el techo de la estructura están hechos de un material transparente como el vidrio, los invernaderos solares pasivos suelen tener uno o más lados hechos de un material aislante como el ladrillo (De Decker, 2015). Los invernaderos solares pasivos solo usan la energía del sol y soluciones de diseño innovadoras para mantener temperaturas constantes para el crecimiento de las plantas en lugar de depender de aportes de energía externos en el caso de la mayoría de los invernaderos comerciales. Como tales, están diseñados para lograr la máxima eficiencia, y un diseño famoso es el “invernadero solar chino”. Este diseño tiene un solo lado expuesto al sol y los otros lados están hechos de un material aislante como el ladrillo, con ventilación pasiva y una cubierta que se puede enrollar sobre el lado transparente. La cubierta ayuda a retener el calor durante la noche o a enfriar el invernadero en caso de calor excesivo (De Decker, 2015), como se puede observar en la figura 2 a continuación:



Figura 2: Invernadero solar Chino (De Decker, 2015)

Sus requerimientos mínimos de energía han llevado incluso a su promoción a nivel gubernamental en China (De Decker, 2015); aunque actualmente no se utilizan en la misma medida en la mayoría de las naciones occidentales, parecen tener un gran potencial como tecnología a nivel mundial.

Su falta de necesidad de combustibles fósiles, bajos costos de capital y simplicidad de construcción han actuado como incentivos para que esta tecnología se utilice a gran escala. La falta de requisitos de combustibles fósiles y el bajo costo son particularmente atractivos en China, donde el diseño del ‘invernadero solar chino’ ahora cubre más de un millón de hectáreas (De Decker, 2015) y podría, por ejemplo, ampliarse aún más para cultivar tubérculos adicionales como un reemplazo para la disminución de los rendimientos de grano. Las tecnologías de invernaderos solares pasivos también se han utilizado a pequeña escala en todo el mundo, siendo populares en el movimiento

de permacultura y también utilizadas por los aymaras de Bolivia que construyen ‘Walipinis’, invernaderos solares pasivos de pozo (ver Fig. 4 a continuación), en el que pueden producir cultivos en condiciones altamente áridas (Ceres Greenhouse Solutions, 2014).



Figura 3: Walipini (Ceres Greenhouse Solutions, 2014)

Uno de los principales métodos que estas comunidades marginadas también han utilizado para mejorar su seguridad alimentaria es el uso de la permacultura, que se está promoviendo en muchas naciones de bajos ingresos del mundo, por ejemplo, en Malawi en el Instituto Kusamala de Agricultura y Ecología (Kumbali, 2019). Se ha recomendado el uso de tales métodos en los bosques alimentarios de los gremios de permacultura para organizar una agricultura resiliente al clima (McCleary & Moran 2019, pp.37-47). Dichas técnicas también podrían aplicarse para usar los principios de diseño de permacultura descritos en la Tabla 1 para proporcionar condiciones de crecimiento en

un ambiente controlado para cultivos básicos de tubérculos y tubérculos en estructuras como Walipini.

Ejemplos de estudios de caso de posibles policultivos de hortalizas de raíz

A continuación, se muestra un ejemplo de un conjunto de cultivos que podría usarse para dicho sistema utilizando ejemplos de cultivos alimentarios andinos tradicionales que brindan una plantilla generalizable para futuras investigaciones. En este caso, se cultiva en una estructura como un invernadero solar chino con las especies de cultivo más altas en la parte trasera del área de cultivo y cada especie sucesivamente más corta se cultiva en hileras al frente para maximizar la eficiencia:

- Se podría cultivar una hilera de mashua en la parte trasera en un enrejado; mashua es una planta trepadora que proporciona tanto una cosecha de hojas durante la temporada de crecimiento como una cosecha de raíces.
- En la siguiente fila hacia adelante, se podrían cultivar papas, como la siguiente especie de cultivo más alta, con espacio entre las filas para el deshierbe y el mantenimiento.
- Frente a esto se podría sembrar oca, otro tubérculo productivo con un hábito de crecimiento más bajo que el de la papa.

- Ulluco, un cultivo de raíz con un hábito de dispersión muy bajo que a menudo se usa como cobertura del suelo para la supresión de malezas (Cultivariable a, 2022), también podría cultivarse como complemento de las papas y la oca.



Figura 3: Mashua, Papas & Oca en secuencia (Cultivariable, 2013), (National Gardening Association, 2014), (Moran, 2021)



Figura 4: Cubierta del suelo con Ulluco (Cultivariable b, 2022)

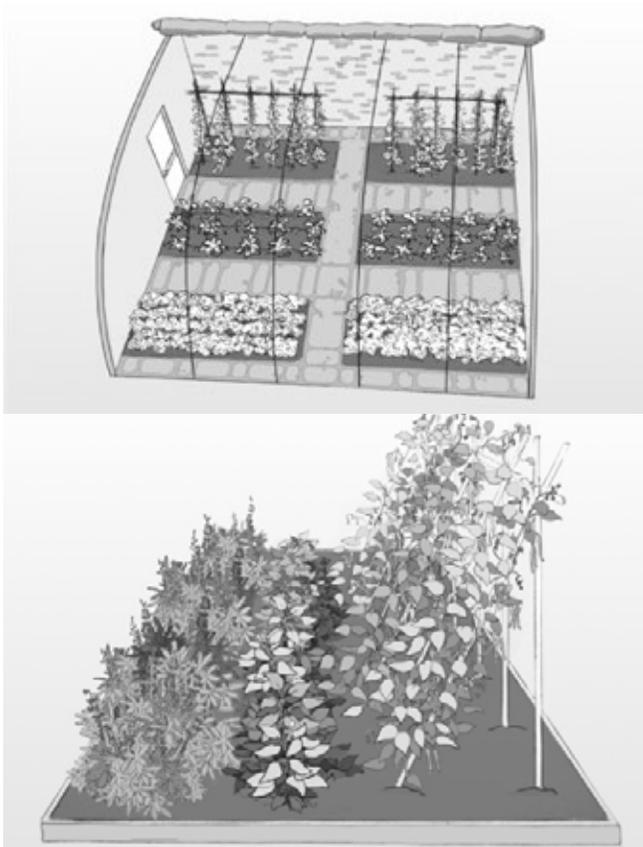
Esto podría cultivarse en rotación con un policultivo de leguminosas, alternando cada temporada de crecimiento entre los dos para mantener la fertilidad del suelo y minimizar la acumulación de enfermedades:

- Frijol escarlata que crece en el enrejado en la parte trasera del invernadero en rotación con la mashua, además de ser una leguminosa fijadora de nitrógeno que produce un cultivo de frijol rico en proteínas, esta especie también produce un tubérculo comestible
- Se podría cultivar una hilera intermedia de judías verdes tipo arbusto
- En el frente, Tarwi, un lupino comestible cultivado en los Andes podría cultivarse en la primera fila como la especie más pequeña. Esta planta produce un cultivo de semillas rico en proteínas y aceites además de ser un fijador de nitrógeno.

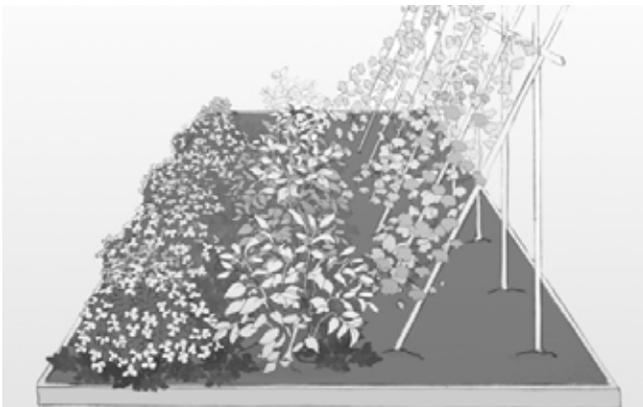


Figura 5: Ejotes, judías verdes & Tarwi en secuencia (Gulisano et al. 2019), (West Coast Seeds, 2022), (Royal Horticultural Society 2007, p.2)

A continuación se ilustra un esquema completo de cómo podría verse un sistema de este tipo de perfil, mostrando los dos policultivos de ejemplo en rotación en un invernadero solar chino.



Tarwi, French Beans & Runner Beans in sequence



Oca, Potatoes & Mashua in sequence with Ulluco ground cover

Figura 6: Passive Solar Greenhouse Schematic (Howell, 2022)

El potencial de los policultivos de hortalizas de raíz y los invernaderos solares pasivos y el margen para futuras investigaciones

Este documento propone una estrategia adicional para ayudar a brindar seguridad alimentaria y salvaguardar el patrimonio botánico frente a las crisis de la biodiversidad y el cambio climático. La permacultura merece una consideración particular como un conjunto de criterios de diseño, ya que tiene como objetivo buscar la máxima eficiencia energética y productividad (Bohler, 2017). En el contexto de la producción de cultivos básicos, esto es especialmente pertinente ya que la eficiencia laboral debe maximizarse como parte de la eficiencia general. Si bien la producción de cultivos de tubérculos y tubérculos ocupa un espacio eficiente, también debe hacerse a escala, y la mano de obra agrícola es muy valiosa en muchos lugares (Roser, 2019).

Como se describe en el marco de la Tabla 1, los principios de diseño de la permacultura se pueden aplicar a la producción de cultivos en sí y al diseño, construcción y mantenimiento de estructuras para permitir condiciones de crecimiento estables ante un cambio climático abrupto.

La producción de alimentos en invernaderos solares pasivos tiene el potencial de ser simple, de bajo costo y energéticamente eficiente, proporcionando alimentos básicos a escala en un clima hostil y, como tal, merece una mayor investigación.

Ya sea que se utilicen como un sistema completo de nutrición alimentaria para una comunidad, para la producción local de alimentos básicos de forma complementaria con otras actividades agrícolas, o para obtener ingresos complementarios de cultivos comerciales, tubérculos y tubérculos, los policultivos en instalaciones cubiertas ofrecen un gran potencial. Su simplicidad y replicabilidad como sistema de diseño basado en principios de permacultura, con bajos costos, rápidos tiempos de respuesta y escalabilidad, también son notables para las comunidades marginadas y la agricultura.

También se debe tener en cuenta que, si bien los métodos biointensivos se han investigado en un entorno cerrado, hasta ahora ha habido una falta de pruebas prácticas de tales conceptos en el contexto de la permacultura (Jeavons 2001, pp.65-76). Dicha investigación podría, por ejemplo, llevarse a cabo directamente a través de ensayos de campo comparativos de varias

estaciones entre el cultivo en interiores y al aire libre de policultivos de tubérculos y hortalizas de raíz y entre parcelas de policultivo y monocultivo de cada uno de los cultivos bajo investigación para comparar los rendimientos respectivos.

Se requieren investigaciones prácticas de métodos de policultivo agroecológico y sistemas de invernaderos solares térmicos basados en principios de diseño de permacultura. Tanto como un ejemplo de estudio de caso de cómo esas comunidades podrían salvaguardar las plantas que los pueblos indígenas usan para su beneficio, como una aplicación más integral para la producción de cultivos básicos para salvaguardar la seguridad alimentaria de manera más amplia. Como parte de un conjunto de medidas de adaptación, pueden ayudarnos a mitigar el riesgo para la seguridad alimentaria que plantea el cambio climático abrupto y ayudarnos a eludir el gigante.

REFERENCIAS

- Althouse, K., 2016. An Instructional Module on Permaculture Design Theory for Landscape Architecture Students. Ma. Utah State University.
- Archtoolbox, 2022. R-values of Insulation and Other Building Materials. [online] Disponible en: <https://www.archtoolbox.com/r-values/> [Consultado el 20 febrero 2022].
- Awad, S., 2012. Consider The R-Value. [online] Disponible en: <http://greenhousegab.com/consider-the-r-value/> [Consultado el 20 de febrero 2022].
- Barnosky, A.D, et al., 2012. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*. 486, p.52-58.
- Bohler, D. Permaculture Design in 5 Steps. 5 September 2017. <https://www.permaculturenews.org/2017/09/05/permaculture-design-5-steps/> (consultado el 10 Diciembre 2020).
- Bracken, M.E.S. 2008. Monocultures versus Polycultures, In: S.E. Jørgensen & B.D. Fath eds. 2008. *Encyclopaedia of Ecology*, Oxford: Academic Press, Oxford, p. 2446–2449.
- Cambridge University Press, 2021. Meaning of juggernaut in English. [online]. Disponible en: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/juggernaut> [Consultado el 23 de diciembre 2021].
- Chang, A. Growing the World's Food in Greenhouses. 2019. <https://research.cornell.edu/news-features/growing-worlds-food-greenhouses> (consultado el 10 de october 2020).
- Center for Climate Solutions 2019, Global Emissions [online] Disponible en: <https://www.c2es.org/content/international-emissions/> [Consultado el 10 de octubre 2019]
- Ceres Greenhouse Solutions. The Walipini Greenhouse Low-Down. 21 September 2014. <https://ceresgs.com/the-walipini-low-down/> (Consultado el 10 de diciembre 2020).
- Crawford, M. 2010. *Creating a Forest Garden: Working with nature to Grow Edible Crops*. Dartington: Green Books.
- Crook, J, 2021. Passive Solar Greenhouse [photograph]. (Escocia).
- Cultivariable, 2013. Flower buds on Bolivian Red oca plant. [photograph] Disponible en: <https://www.cultivariable.com/oca-a-budding-interest-soon-to-bear-fruit/> [Consultado el 19 de noviembre 2021].
- Cultivariable a, 2022. Ulluco (*Ullucus tuberosus*) [online] Disponible en: <https://www.cultivariable.com/instructions/andean-roots-tubers/how-to-grow-ulluco/> [Consultado el 20 Feb 2022].
- Cultivariable b, 2022. Ulluco can form a dense ground cover [photograph] Disponible en: <https://www.cultivariable.com/instructions/andean-roots-tubers/how-to-grow-ulluco/> [Consultado el 20 Feb 2022].
- De Decker, K. Reinventing the Greenhouse. 24 12 2015. <https://www.lowtechmagazine.com/2015/12/reinventing-the-greenhouse.html> (Consultado el 10 de noviembre 2020).
- Ecology Action. Grow BioIntensive: A Sustainable Solution For Growing Food. 2010. http://www.growbiointensive.org/grow_main.html (Consultado el 15 de octubre 2020).

- FAOa. "Once neglected, these traditional crops are our new rising stars." FAO. 02 10 2018. <https://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1154584/> (Consultado el 10 de octubre 2020).
- FAOb. "4. Nutritive value." Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition. 1990. <http://www.fao.org/3/To207E/To207E04.htm> (Consultado el 10 de octubre 2019).
- Holmgren, D. 2003. Energy and Permaculture. Disponible en: <http://www.permacultureactivist.net/articles/holmgren.htm> [Consultado el 10 de octubre 2020].
- Gulisano, A. et al. 2019. Phenotypic variation in flowers and seeds of *L. mutabilis*. [Photograph] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6831545/> [Consultado el 20.02.2022].
- Immenschuh, S. 2014. Agricultural Technologies Could Increase Global Crop Yields as Much as 67 Percent and Cut Food Prices Nearly in Half by 2050 [online] Disponible en: <https://www.ifpri.org/news-release/agricultural-technologies-could-increase-global-crop-yields-much-67-percent-and-cut> [Consultado el 10 de octubre 2020].
- Janetos et al, 2017. The Risks of Multiple Breadbasket Failures in the 21st Century: A Science Research Agenda [online]. The Frederick S. Pardee Center for the Study of the Longer-Range Future: Boston University. Disponible en: <http://www.bu.edu/pardee/files/2017/03/Multiple-Breadbasket-Failures-Pardee-Report.pdf> [Consultado el 23 de octubre 2021].
- Jeavons, J., 2001. Biointensive Sustainable Mini-Farming: II. Perspective, Principles, Techniques and History. *Journal of Sustainable Agriculture*, 19:2, pp.65-76.
- John, J. 2021. Monoculture Could Worsen Vulnerability to Climate Change [online]. Disponible en: <https://foodtank.com/news/2021/02/monoculture-could-worsen-vulnerability-to-climate-change/> [Consultado el 20.02.22].
- Jones, S., Martin, R., and Pilbeam, D. eds. 2007. *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge: University of Cambridge Press.
- Howell, R., 2022. Passive Solar Greenhouse Schematic [Drawing]. (England: Illustrator)
- Krebs, J. & Bach, S. 2018. Permaculture—Scientific Evidence of Principles for the Agroecological Design of Farming Systems. *Sustainability*. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3218/htm> (Consultado el 12 de octubre 2020).
- Kumbali. Permaculture Centre. 2019. <https://www.kumbali.com/index.php/permaculture-centre> (Consultado el 10 de noviembre 2019).
- Lawrence, E. ed. 2000. *Henderson's Dictionary of Biological Terms*. 12th Ed. Harlow: Pearson.
- Mbow, C., et al. 2019: Food Security,. En: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.O. Portner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal, Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press. (p.437-550).
- McCleary, S & Moran, C. 2019. Heritage Food Security in a Changing Climate. *Fourth World Journal*, 18(1), pp.37-47.

- Mempouo, B. & Moran, C., 2019 (in press). Using Permaculture Design Principles to Provide an Accessible Design Toolkit for the Installation of Offgrid Microgeneration Renewables. Cameroon: SECAM.
- Moran, C., 2019 (in press). Using Plants in Conjunction with Permaculture Design Principles to Provide an Effective and Affordable Way to Address Air Pollution in Urban Areas. Cameroon: SECAM.
- Moran, C. 2021. Mashua [photograph]. (Escocia).
- National Gardening Association, 2014. Entire Plant 60 Days From Planting [photograph]. Disponible en: <https://garden.org/plants/photo/250594/> [Consultado el 20 Nov 2021].
- Nauta, P., 2012. Intensive Gardening Vs Permaculture Gardening Vs Biological Gardening [online] Disponible en: <https://www.smilinggardener.com/organic-vegetable-gardening/intensive-gardening-vs-permaculture-gardening-vs-biological-gardening/> [Consultado el 20 de octubre 2020].
- Neacsu, M. "Sustainable Novel Food Formulations and Bioactive-Ingredients for Human Health." The University of Aberdeen; The Rowett Institute. 2019. <https://www.abdn.ac.uk/rowett/research/profiles/m.neacsu> [Consultado el 20 Nov 2020].
- Plants for a Future. "Alternative Root Crops." Plants for a Future. 2012. <https://pfaf.org/User/cmspage.aspx?pageid=36> (Consultado el 19 de octubre 2020).
- Rafferty, Adrian E, Alec Zimmer, Dargan M. W. Frierson, Richard Startz, and Peiran Liu. "Less than 2°C warming by 2100 unlikely." nature.com. 31 July 2017. https://www.nature.com/articles/nclimate3352.epdf?referrer_access_token=XHsjT_kEX9AI1TbMglX7U (Consultado el 18 de septiembre 2019).
- Ritchie, H., and M. Roser. Crop Yields. September 2019. <https://ourworldindata.org/crop-yields> (Consultado el 10 de Noviembre, 2019).
- Rivington M., et al. "Extreme weather and resilience of the global food system - Synthesis Report." https://www.researchgate.net/publication/281029049_Extreme_weather_and_resilience_of_the_global_food_system_-_Synthesis_Report (Consultado el 10 de noviembre 2020).
- Roser, M., 2019. Employment in Agriculture. [online] Disponible en: <https://ourworldindata.org/employment-in-agriculture> [Consultado el 11 de octubre 2020].
- Royal Horticultural Society, 2007. The bean arch at RHS Garden Rosemoor [photograph] Disponible en: <https://www.rhs.org.uk/plants/pdfs/plant-trials-and-awards/plant-bulletins/runnerbeans.pdf> [Consultado el 20 de noviembre 2021].
- Schwägerl, C. What's Causing the Sharp Decline in Insects, and Why It Matters. 6 July 2016. https://e360.yale.edu/features/insect_numbers_declining_why_it_matters (Consultado el 10 de diciembre 2020).
- Sundrop Farms. Innovation. 2016. <https://www.sundropfarms.com/innovation/> (Consultado el 10 de diciembre 2020).
- Tallarico, G. Permaculture and Agroecology: 2 faces of the same coin. 2019. <https://worldpermacultureassociation.com/permaculture-and-agroecology/> (Consultado el 10 de Octubre 2020).

The World Bank. "Turn Down the Heat, Why a 4°C Warmer World Must be Avoided." United Nations Climate Change. November 2012. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/World%20Bank_Turn%20Down%20the%20Heat.pdf (Consultado el 15 de septiembre 2019).

West Coast Seeds, 2022. Mascotte Beans [photograph] Disponible en: <https://www.westcoastseeds.com/products/mascotte> [Consultado el 20 de febrero 2022].

Wooldridge, T. 2016. The Edge Effect. [online]

Disponible en: <https://permaculturefoodforest.wordpress.com/2016/04/14/the-edge-effect/> [Consultado el 10 de octubre 2019].

Este artículo debe citarse como:

Moran, C., (2022) Eludir al gigante del cambio climático: El potencial de los policultivos de cultivos básicos y los sistemas de invernaderos solares pasivos para salvaguardar la seguridad alimentaria. *Fourth World Journal*. Vol. 22, N1. pp. 85-99.

SOBRE EL AUTOR



Cora Moran

Cora Moran es una investigadora experimentada con títulos en Antropología y Sustentabilidad Ambiental. Escribe sobre una variedad de temas ambientales para revistas y publicaciones de prensa; sus principales áreas de investigación son la Permacultura y la Agroecología con un enfoque en la seguridad alimentaria”.