



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Cultivos alimenticios resistentes al cambio climático: Una
revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental

AUTORAS:

Anampa Caccire, Nathaly Almendra (orcid.org/0000-0001-7369-3408)
Quispe Choque, Joselyn Noemi (orcid.org/0000-0002-6298-9032)

ASESOR:

M.Sc. Solorzano Acosta Richard Andi (orcid.org/0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al Cambio Climático

LIMA- PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada de manera especial a nuestro Padre celestial por habernos acompañado en este camino y a nuestra familia, quienes fueron nuestro cimiento para continuar con nuestros estudios, quienes nos brindaron la confianza y los recursos necesarios para llegar hasta aquí.

Agradecimiento

Agradecemos a cada uno de los maestros que formaron parte de nuestro proceso universitario, gracias por brindarnos sus conocimientos y dedicación, en especial a nuestro asesor el M.Sc Richard Solórzano Acosta por su esfuerzo de guiarnos y darnos su apoyo.

Índice de Contenidos

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE	iv
CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.	13
Tabla 1. Matriz de categorización apriorística	14
3.3. Escenario de estudio	15
3.4. Participantes	15
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.6. Procedimiento	16
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis de datos	18
3.9. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	70
VI. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS	88

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística	16
Tabla 2. Artículos seleccionados que describen cultivos alimenticios resistentes ante el cambio climático	24
Tabla 3. Especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	39
Tabla 4. Tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos a los efectos adversos del cambio climático	49
Tabla 5. Importancia alimenticia de las especies resistentes al cambio climático	64

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de búsqueda	20
Figura 2. Países en los que se reporta el cultivo de especies resistentes a los efectos adversos del cambio climático	33
Figura 3. Producción de la familia <i>Chenopodiaceae</i>	34
Figura 4. Producción de la familia <i>Euphorbiaceae</i>	34
Figura 5. Producción de la familia <i>Poaceae</i>	35
Figura 6. Producción de la familia <i>Cactaceae</i>	36
Figura 7. Producción de la familia <i>Fabaceae</i>	37
Figura 8. Producción de la familia <i>Moringaceae</i>	37

Resumen

A lo largo de los años, el cambio climático está generando variaciones en el clima que influyen de manera negativa en las actividades económicas, principalmente en la agricultura ocasionando alteraciones en el desarrollo de las plantas, causando pérdidas en la producción de cultivos fundamentales para la alimentación, colocando en peligro la seguridad alimentaria a nivel mundial sobre todo en países en desarrollo; ante esto se plantea como objetivo, identificar cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, así como los tipos y mecanismos de resistencia que tienen las especies y determinar su importancia alimenticia, para lo cual se recopiló información a través de la metodología PRISMA, donde se logró identificar 14 especies resistentes a efectos adversos del cambio climático como a las sequías, altas temperaturas, salinidad y heladas, con mecanismos de resistencia como: la biomasa radicular, eficiencia del sistema fotosintético, baja tasa de transpiración, la disminución de la conductancia estomática, la capacidad del ajuste osmótico, entre otros; y con aporte de componentes benéficos en la alimentación. Se concluye que los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático resultan ser una manera de asegurar la seguridad alimentaria y base fundamental del conocimiento de mecanismos de resistencia para la generación de nuevas especies.

Palabras clave: cultivos alimenticios, cambio climático, especies resistentes, efectos adversos del cambio climático.

Abstract

Over the years, climate change is generating variations in the climate that have a negative influence on economic activities, mainly in agriculture, causing alterations in the growth and development of plants, causing losses in the production of fundamental crops for food, jeopardizing food security worldwide, especially in developing countries; Given this, the objective is to identify food crops resistant to climate change, as well as the types and mechanisms of resistance that species have and determine their nutritional importance, for which information was collected through the PRISMA methodology, where it was possible to identify 14 species resistant to adverse effects of climate change such as droughts, high temperatures, salinity and frosts, with resistance mechanisms such as: root biomass, photosynthetic system efficiency, low transpiration rate, decreased stomatal conductance, capacity osmotic adjustment, among others; and with contribution of beneficial components in the diet. It is concluded that food crops resistant to climate change turn out to be a way to ensure food security and a fundamental basis of knowledge of resistance mechanisms for the generation of new species.

Keywords: food crops, climate change, resistant species, adverse effects of climate change

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global las variaciones climáticas están ocasionando fenómenos que influyen negativamente sobre las actividades económicas del hombre, contra su calidad de vida, y subsistencia en el planeta (Grusson et al., 2018; Hartmann et al., 2013; Held y Soden, 2006; Jimenez Cisneros et al., 2014 citado por Prasad et al. 2017); representando una grave amenaza para la producción de cultivos causando pérdidas y reducción de cultivos entre un 50% y 80% según el tipo de cultivo y su ubicación geográfica (Zhang et al., 2018), debido a una alteración en la fisiología de las plantas, alteración en el suelo y sobre todo en su crecimiento (Dhankher y Foyer, 2018); por lo que el sector agrícola resulta ser la principal actividad impactada (Wilhite 2007, citado por Rey, 2017).

Cabe mencionar la existencia de 20000 a 75000 plantas comestibles, de las cuales las más cultivadas para consumo humano son 2500 a 7000 plantas, de todas estas, 30 especies de cultivos representan alrededor del 95% de las necesidades alimentarias a nivel mundial (Zhang et al., 2018); no obstante, la mayoría de estas presentan dificultades para tolerar condiciones desfavorables como al estrés abiótico ya sea por exceso o por defecto. Ante esta situación existen cultivos alimenticios que presentan resiliencia y tolerancia al cambio climático debido a su capacidad de mantener o incrementar su rendimiento en situaciones de estrés (Acevedo et al., 2020), los cuales resultan ser óptimos y garantizan la disponibilidad de alimentos debido a que cuentan con características deseadas.

Las condiciones desfavorables del cambio climático se presenciarán a través de una mayor frecuencia de fenómenos extremos como sequías, inundaciones, disminución de precipitaciones (Hernandez et al., 2016), incremento de temperaturas, precipitaciones intensas, infestación de plagas (Myers et al. 2017) y salinidad (wani et al., 2013 citado por Dar et al., 2017), las cuales son responsables de ocasionar grandes pérdidas en la producción agrícola (Wilhite 2007, citado por Rey. 2017) y traer consigo una mayor fluctuación en los precios de mercado y en la producción de cultivos, causando un aumento de la pobreza (Schmidhuber y Tubiello 2007; Bandara y Caí 2014; Shankar et al. 2015; Wang y col. 2017; Aryal y col. 2019 citado por Jorgensen y Termansen, 2016).

En este sentido, el sector agrícola se enfrenta a una gran demanda alimenticia a causa de una población que con el pasar de los años va creciendo (Zamasiya et al. 2017 citado por Nguyen y Drakou, 2021) volviéndolo vulnerable, debido a que se necesitará un 70% más de insumos para solventar la demanda alimenticia de más de 9 000 millones de personas para el 2050, razón por lo cual se coloca en peligro a la seguridad alimentaria (Grusson et al. 2021) especialmente para los países en desarrollo, ya que dependen de esta actividad y no cuentan con el suficiente capital para emplear medidas de adaptación sofisticadas (Fischer, et al., 2005; Mendelsohn, 2009 citado por Lopez y Hernandez 2016).

Ante esto, la adaptación al cambio climático ya no representa una opción secundaria a largo plazo, por el contrario resulta ser un desafío primordial y necesario, en donde los agricultores deben emplear nuevos cultivos con mayor resistencia (Van y Steg, 2019 citado por Siamabele, 2021), y que cuenten con el adecuado potencial alimenticio proporcionando características nutricionales deseables como proteínas, grasas, carbohidratos y fibras (Bazile et al., 2014 citado por Garcia et al., 2020); y de esta manera proporcionar la resiliencia y seguridad alimentaria (Acevedo et al., 2020).

Por lo expuesto anteriormente, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático? De igual manera se formularon los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?, ¿Cuáles son los tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático? y ¿Cuál es la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?, El responder esta pregunta nos permitió entender y describir las múltiples aristas del tema.

Por esta razón el presente estudio tuvo una justificación teórica ya que se realizó con el propósito de brindar información e incrementar el conocimiento sobre los diferentes tipos de cultivos alimenticios existentes que son resistentes a los efectos adversos del cambio climático que ayudarán a mantener una producción sostenible por sus diversos compuestos vitamínicos y por ende no pone en riesgo la seguridad alimentaria, a través de la recopilación de conceptos básicos haciendo un trasfondo y resaltando los puntos relevantes acerca del sector

agrícola, lo cual permitió averiguar, conocer el tema, encontrar las ideas y explicaciones de lo que se viene investigando.

En base a la problemática expuesta, para la presente investigación se formularon los siguientes objetivos, siendo el objetivo general: identificar los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático. Asimismo, se plantearon objetivos específicos: Identificar las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, identificar los tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático y describir la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático.

II. MARCO TEÓRICO

Amelework et al. (2021), en su investigación titulada *Adoption and promotion of resilient crops for climate risk mitigation and import substitution: A case analysis of cassava for south african agriculture*, indica que la yuca (*Manihot esculenta*) al ser un cultivo de raíz y versátil presenta resistencia a condiciones climáticas difíciles, ya que cuenta con la capacidad de crecer en suelos de baja fertilidad y en cualquier época del año, se necesita bajos insumos para su producción y es tolerante a la escasez de agua, por lo que la yuca resulta ser una opción de adaptación y un cultivo industrial novedoso a través de la elaboración de productos farmacéuticos, alimentos para ganado, biocombustibles, embutidos y alcohol. De esta manera se ofrece la oportunidad de mejorar los ingresos económicos y preservar la seguridad alimentaria.

Trigo et al. (2020), en su revisión titulada *Moringa oleifera: An Unknown Crop in Developed Countries with Great Potential for Industry and Adapted to Climate Change*, considera que la *Moringa oleifera* es capaz de adaptarse a zonas afectadas por el cambio climático, ya que posee una gran resistencia a las altas temperaturas, sus características de este cultivo es que tiene un alto nivel nutricional en proteínas de gran valor biológico, vitamina A y C antioxidantes y minerales como: calcio, hierro, potasio. Además, este cultivo tropical es de rápido desarrollo, y nutricional para la alimentación humana.

Mayes et al. (2019), en su investigación titulada *Bambara groundnut: an exemplar underutilised legume for resilience under climate change*, indica que El maní de Bambara (*Vigna subterranea* (L.)) es una leguminosa africana que se cultiva en el sudeste asiático como en las regiones de Indonesia y Tailandia, este cultivo fija el nitrógeno y contribuye a la fertilidad del suelo, ya que sus raíces captan la absorción de agua y diversos nutrientes lo cual hace que sea más resistente a las variaciones climáticas como la sequía y las altas temperaturas, además es un alimento de alta importancia nutricional es por ello que las poblaciones locales aun lo han mantenido en sus terrenos agrícolas.

Hailu (2020), en su investigación titulada *Cactus (Opuntia Ficus Indica) and its role in poverty reduction and achievements of goals of the Ethiopian green*

economy: A review. indica que el Cactus (opuntia Ficus) o también conocido como el Nopal, es una especie de planta que se originó en América tropical y subtropical, posee gran importancia agronómica, por sus exquisitos frutos, es utilizado como alimento en la dieta humana, consumo animal y empleado en la industria farmacéutica y cosmética, se caracteriza por ser resistente a las sequías prolongadas, por lo tanto, el Nopal es una gran planta que suele mitigar la condiciones climáticas debido a las características únicas de su anatomía y morfología, que le ha permitido adaptarse a muchas condiciones de cultivo altamente estresantes, lo que significa que la planta es una opción viable en regiones donde otros las plantas no sobrevivirán.

Vargas y Cárdenas (2021), en su artículo de investigación titulado Chickpea cultivation, a possible solution to climate change. manifiesta que el garbanzo (*Cicer arietinum*) es una especie de leguminosa de las más cultivadas a nivel mundial que tolera muy bien el estrés hídrico (sequía) debido a que cuenta con raíces profunda y bien desarrolladas; las semilla del garbanzo se desarrolla con la humedad acumulada en el suelo de las lluvias caídas anteriormente, por otro lado produce cero desperdicios debido a que los granos son de consumo humano, las vainas son de consumo animal y los restos sirven de fertilizantes para el suelo. Por lo contrario, es sensible a la salinidad y a la asfixia radicular debido a las inundaciones.

Jaikishun et al. (2019), en su trabajo de investigación titulado Quinoa in perspective of global challenges. Indica que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo de semillas que tuvo origen en las regiones andinas que abarcan Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina y Chile, este cultivo cuenta con notables adaptaciones agronómicas debido a su capacidad de crecer en áreas de tierras altas, valles y tierras bajas adaptándose a las diferentes condiciones extremas climáticas, por lo que es un cultivo altamente resistente al estrés abiótico como a la sequía, alta salinidad y las heladas, asimismo es sumamente nutritivo y representa ser un cultivo importante para mantener la seguridad alimentaria.

Siamabele y Tejada (2021), en su investigación titulada The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. Indica que la soja

(Glycine max) es una leguminosa originaria de china y considerada entre los 16 cultivos principales en todo el mundo, es fuente importante y principal de mayor contenido de proteínas para el consumo humano y se adapta a diferentes tipos de suelo lo cual lo convierte en un cultivo versátil; lo más resaltante es su capacidad para soportar la sequía en cierta medida en comparación con otros cultivos y tener el potencial de rejuvenecer los suelos, sin embargo es débil al estrés por inundaciones.

Ventura et al. (2020), en su investigación titulada Phenological stages of Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) encoded in BBCH scale. Enuncia que el Mijo de Proso (*Panicum miliaceum* L.) es un tipo de mijo originario del norte de Italia considerado una especie de cereal de semillas y el sexto cereal cultivado más importante, de igual manera es principal fuente de energía y proteína de buena calidad, resulta ser un cultivo poco exigente y sobre todo altamente resistente a la sequía, ya que requiere muy poca agua para su desarrollo a comparación de otros cereales y puede crecer como cultivo no irrigado en tierras áridas.

Dias et al. (2018), en su investigación Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. Señala que el Mijo Perla (*Pennisetum glaucum* (L.) es una especie de cereal que se originó en África y Asia, este cultivo posee un alto contenido en aminoácidos, mayor fibra dietética y muchas propiedades funcionales como el índice glucémico, es utilizado como un alimento sustantivo para perder peso, reducir las enfermedades como la diabetes, también es apto para el consumo animal. Asimismo, se caracteriza por ser resistente a las altas temperaturas, sequías prolongadas, baja fertilidad y alta salinidad, lo cual hace que este cultivo sea más representativo por su valor nutricional y alternativo para la seguridad alimentaria.

Benique (2019), en su investigación titulada Impact of climate change on the yield of cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) production in the Region - Puno. Se considera que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) es un pseudocereal que se caracteriza por ser uno de los cultivos nutricionales que contiene proteínas, vitaminas, aminoácidos, y minerales importantes para el consumo humano. Este cultivo suele ser resistente a las heladas, bajas temperaturas, a las plagas y

enfermedades y sequías, ya que su crecimiento se adapta a las condiciones climáticas más extremas. El cañihua se originó en el altiplano de Bolivia y Perú, ambos países están compuestos por tener tierras semiáridas, por lo que es fundamental su producción por su gran importancia alimenticia.

Naeem et al. (2020), en su trabajo de investigación titulado Hyacinth bean (*Lablab purpureus* L.) – An underutilised crop with future potential. indica que el frijol jacinto (*Lablab purpureus* L.) es una leguminosa multifuncional rica en proteínas vegetal eficiente ante la seguridad alimentaria, es originaria de África; y sobre todo tiene el potencial para superar los desafíos climáticos ya que es extremadamente resistente a ambientes secos y a áreas propensas a la sequía, tolerante a la salinidad hasta 300 mM NaCl, fija el nitrógeno y mejora la fertilidad del suelo.

Moghaddam et al. (2021), en su artículo de investigación titulado The tepary bean genome provides insight into evolution and domestication under heat stress. Indica que el frijol tepari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) es una especie de leguminosa originaria del desierto de Sonora, asimismo es una importante fuente de proteína para consumo humano, por otro lado, también es una fuente de rasgos genéticos para la resistencia al estrés abiótico de otros cultivos debido a que está muy adaptado y tolera las altas temperaturas y la sequía.

Carvalho et al. (2017), en su investigación titulada Cowpea: a legume crop for a challenging environment. indica que Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) es una leguminosa de grano originaria de África, su adaptación es fácil en zonas tropicales por lo que le hace más resistente adaptarse a las condiciones climáticas como las altas temperaturas, sequías y suelos de baja fertilidad. Este cultivo es considerado el más importante por su alto valor nutricional, ya que posee proteínas en un (23%), carbohidratos(56%), fibra en un (4%) de igual manera cuenta con vitaminas y minerales, fundamental para el consumo humano y animal.

Verona et al. (2020), en su artículo de investigación Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos menciona que la pitahaya (*Hylocereus* spp.) es originaria de

Centroamérica y la selva peruana, fruto importante de contenido de vitamina c; asimismo, es tolerante a la sequía debido a su eficiencia en el empleo del recurso hídrico hasta seis veces mayor a comparación de otros cultivos frutales, a razón de que cuenta con la propiedad de su metabolismo del ácido crasuláceo. Por lo que resulta ser una especie valiosa frente a tierras secas o degradadas y a la escasez de agua.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que el cambio climático es la variación y alteración de la atmósfera dada en un país o a nivel mundial, se presenta en tiempos establecidos o de manera acelerada (Crowley y North, 1988 citado por Morales y Zúñiga, 2016) debido al incremento de la concentración de gases de efecto invernadero promovidas por las deforestaciones y contaminación atmosférica (Yepes y Silveira, 2011) que han alterado el clima con diversos eventos meteorológicos como las sequías, alteración en la frecuencia de precipitaciones e incremento de la temperatura, generando migraciones forzadas, mayor pobreza y riesgos en la seguridad alimentaria (MINAM, 2015 citado por Chavarry, 2016) debido a su influencia en los sistemas naturales, causando alteración de los ecosistemas y en la producción de alimentos (Yepes y Silveira, 2011).

El Panel internacional del cambio climático advierte que si el planeta llega a calentarse por sobre los 1.5°C ocasionará mayores impactos negativos, como el aumento del mar, más altas temperaturas, lo cual será dañino para la población global y para los ecosistemas; por lo que se verá afectada la alimentación en los países en desarrollo (Malhi et al., 2020) y en los agricultores de pequeña escala que tendrán grandes impactos debido a que esta población tiene un nivel económico bajo, es sensible debido a su ubicación y dependen de los recursos para su subsistencia (Jones y Thornton, 2003 citado por Nicholls y Altieri 2019).

La disponibilidad de alimentos es un elemento preocupante para la sociedad actual debido a un estatus de crisis climáticas que impone buscar alternativas alimentarias frente a un aumento demográfico, asimismo junto a esto se suma la disminución en la productividad agrícola, generando secuelas graves para lograr el abastecimiento de comunidades (Hernández et al., 2016). La sensibilidad de

los cultivos a las altas temperaturas o cambios fuera de su confort dependen de un cultivo a otro, sin embargo, presentan mayor fragilidad en sus etapas reproductivas a comparación de las etapas vegetativas (Saha et al., 2021).

Es necesario tener conocimiento de cuáles son los efectos adversos de cambio climático que ocasionan impactos negativos en la agricultura, entendiendo por efectos adversos a los cambios en los fenómenos climático causando consecuencias negativas o alteraciones que se darán en la producción agrícola, como por ejemplo: las sequías prolongadas, olas de calor, plagas, enfermedades, precipitaciones intensas, inundaciones (Ndlovu et al., 2020), aumento de las temperaturas, salinidad, heladas (Nicholls et al, 2015 citado por Belloni, 2017). A continuación, se define cada una de ellas:

- **Altas temperaturas:** El cambio climático está generando un aumento exponencial en cuanto a las temperaturas provocando cambios drásticos en el ambiente. (Balfagon et al., 2020) en el tiempo de duración del crecimiento de los cultivos, las temperaturas superiores a las que son óptimas generan una aceleración del desarrollo de la planta, pero debido a que se da una menor radiación se reduce la producción de biomasa, asimismo daña su proceso fisiológico (Arteaga, 2021).
- **Sequía:** Es la alteración o falta de precipitación que afecta la disponibilidad de agua en el suelo, impacta en el crecimiento, en la fecha de floración, rendimiento, contenido de pigmento, respiración, absorción de nutrientes y azúcares y también en la fotosíntesis debido a que altera los procesos fisiológicos, ocasionando la muerte de la planta (Arteaga, 2021). Asimismo, los diversos índices paramétricos de las sequías generan muchos impactos que perjudican directamente a la agricultura y al desarrollo de los cultivos, por ende, existe una falta de humedad y una gran parte de composición de materias orgánicas, para que los suelos dañados regresen a su estado normal (Lei Xu et al., 2021).
- **Precipitación intensa:** considerado el fenómeno que representa un peligro a nivel mundial por la cantidad de lluvia que se puede presentar

en los diversos años, trayendo consigo inundaciones de diferentes magnitudes esto variará según las condiciones meteorológicas (Schumacher, 2021). Estas lluvias intensas se presentarán en los periodos más secos de manera prolongada percibiendo las variaciones como el aumento del nivel del mar, causando tormentas, huracanes, inundaciones (Stennett-Brown et al., 2019), estos fenómenos climatológicos afectan a los sistemas agrícolas de baja adaptación.

- **Salinidad:** Los suelos afectados por este efecto son principalmente en paisajes áridos debido a que existe una mayor evaporación y una escasa precipitación pluvial, por lo que el cambio climático incrementa los problemas de salinidad. Asimismo, el rendimiento del cultivo se ve disminuido o perdido por el contenido de sales en el terreno debido a que las sales presentes impiden la extracción de agua necesaria para su desarrollo, causando así un estado de escasez del recurso hídrico por un tiempo prolongado (Pulido, 2016).
- **Heladas:** Considerado un fenómeno meteorológico que afecta directamente la producción agrícola y el sector agroforestal, amenazando el crecimiento de las plantas por los cristales de hielo que ingresan directamente a los tejidos vegetales. Sin embargo, existen cultivos que también se adaptan a las temperaturas bajo cero, debido a que presentan raíces más fuertes y resistentes ante este factor climático (Ambroise, 2020).
- **Incremento de plagas:** A causa del cambio climático y a medida que la temperatura aumente las plagas serán más abundantes, causarán modificaciones en el desarrollo de patógenos y alteraciones en los hospedantes (Hernández et al., 2016), diversos tipos de plagas se propagarán fácilmente mediante vectores de dispersión como el agua o viento, las cuales mejorarán su resiliencia y adaptación a diferentes zonas, estableciéndose más temprano en los cultivos y afectando a los organismos benéficos, por lo que se necesitará emplear productos químicos para debatiirlas (Rosenzweig et al. 2002, Chen y McCarl 2001 citado por Rosenzweig y Tubiello, 2007), causando mayores costos en la producción y problemas ambientales.

Por lo antes mencionado, es importante tener conocimiento que los cultivos alimenticios son todas las especies de plantas comestibles que conforman un total de 30 000 especies pero que sólo se cultivan 170, de las cuales la humanidad depende de 30 de ellos, y solo 3 resultan ser los principales cultivos de consumo diario como el arroz, maíz y trigo; debido a que existe desconocimiento de la diversidad de cultivos nutritivos que se puede consumir porque no han sido investigados adecuadamente (FAO, 2021). Para la supervivencia a futuro la producción de cultivos debe ser diversa, resiliente y sostenible, una gran opción es identificar cultivos nutritivos que cuenten con la capacidad para lidiar con los cambios climáticos (Antonelli et al., 2021).

Los cultivos alimentarios resistentes al cambio climático son aquellos cultivos que tienen una mayor tolerancia al estrés abiótico, están destinados a mantener o aumentar el rendimiento en condiciones de estrés como sequía, inundaciones (inmersión), calor, frío, congelación y salinidad, por lo tanto, proporcionan un medio para adaptarse frente a las condiciones climáticas (Acevedo, et al. 2020) y resultan ser soluciones o reemplazo para cultivos que tienen dificultad de desarrollarse en situaciones vulnerables (FAO, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente revisión fue de tipo básica, ya que se centra en ampliar los conocimientos teóricos y entender la situación global con respecto a los efectos del cambio climático y su impacto a la agricultura, por este motivo es que se tuvo que indagar y conocer la existencia de cultivos alimenticios que presentan resistencia al cambio climático con el fin de brindar una alternativa de adaptación para la seguridad alimentaria. Este tipo de investigación también es conocida como investigación pura o teórica caracterizada o destinada a indagar y formular nuevos conocimientos o la modificación de saberes previos, aportando al incremento de la sabiduría científica a través de fundamentos teóricos y no prácticos (Escudero y Cortez, 2017).

Asimismo, fue una revisión sistemática la cual consistió en analizar los estudios originales, a partir de los cuales se pretende destacar los resultados obtenidos en los distintos estudios que se realizaron (Sobrido y Rumbo, 2018); esta revisión tiene un alcance longitudinal, ya que no se enfocó en recolectar datos en un solo periodo de tiempo, sino en un rango de años analizando cambios a través del tiempo enfocándonos en el tema de cultivos resistentes al cambio climático (Hernández et al., 2014).

El enfoque de la investigación fue cualitativo debido a que fue un proceso sistemático que se basó en la observación, recopilación, descripción, interpretación y acceso de documentos u hechos en su ámbito natural, este tipo de trabajos permite profundizar y comprender la complejidad del estudio. Asimismo, en este tipo de estudios se distinguen categorías relevantes para el trabajo de investigación en donde se reflexiona experiencias del informador y se está en constante interacción con los datos. Por su nivel de profundización, la investigación fue descriptiva cuyo objetivo fue obtener un panorama acerca de la magnitud del problema, ya que se describió la realidad de los sucesos, objetos o grupos del cual se pretende estudiar, estas descripciones consisten en examinar el problema y recolectar los datos (Escudero y Cortez, 2017).

El diseño de la investigación fue bibliográfico documental y no experimental debido a que no se manipuló ni se tuvo control directo sobre las variables, solo se analizaron en su propio contexto natural, asimismo se obtuvo y seleccionó bibliografía relevante y necesaria referente al propósito del estudio que es identificar los diferentes cultivos resistentes a los diversos impactos del cambio climático (Hernández et al., 2014). De este modo, las investigaciones documentales se centran a partir de una serie de fuentes documentales orientada a indagar y sistematizar las diversas fuentes científicas teóricas con su respectiva interpretación, dentro de esta se encuentra la investigación bibliográfica basada en revisar y analizar libros, revistas y publicaciones científicas u otros textos en la misma línea ya sea virtual o impreso (Escudero y Cortez, 2017).

En razón de lo antes expuesto, el diseño bibliográfico documental fue optado para el proyecto debido a que se basó en recolectar información y datos de artículos científicos de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, para seguido de esto realizar una selección en relación al tipo de especie, a su tipo de resistencia al factor adverso del cambio climático y en base a su importancia alimenticia.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.

Para la identificación de las categorías y subcategorías se puntualizaron propiedades, para así poder detallarlas antes de la recolección de datos y en el desarrollo de la revisión (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

Pregunta General de Investigación	Objetivo general de investigación	Preguntas específicas de investigación	Objetivos específicos de investigación	Categoría	C1	C2	C3	C4	C5	C6
		¿Cuáles son las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?	Identificar las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	Especie	De acuerdo a la familia	De acuerdo al tipo de especie	De acuerdo a su origen	De acuerdo a su temperatura y altitud óptima	De acuerdo a su rendimiento	De acuerdo al País de producción
¿Cuáles son los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?	Identificar los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	¿Cuáles son los tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático?	Identificar los tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático	resistencia	De acuerdo a su especie	De acuerdo al factor climático	De acuerdo a su fisiológico	De acuerdo a su importancia de la especie en el cambio climático	-	-
		¿Cuál es la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?	Determinar la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	Importancia alimenticia	De acuerdo a su especie	De acuerdo a su órgano comestible	De acuerdo a su importancia alimenticia	De acuerdo a su sector de uso	-	-

3.3. Escenario de estudio

El presente trabajo de investigación tuvo como escenario de estudio a los diferentes países que hayan realizado investigaciones sobre cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, estos estudios serán descriptivos y experimentales, mediante el cual se realizará un listado de los diferentes cultivos resistentes de acuerdo a los efectos de las variaciones climáticas con la finalidad de lograr una mejor adaptación del sector agrícola y no colocar en riesgo la seguridad alimentaria.

3.4. Participantes

La muestra consistió en el proceso cualitativo de donde se recopilaron información ya sea, grupo de personas, sucesos, documentos, eventos, entre otros; no tiene que ser necesariamente representativa de la población que se estudiará; por lo contrario, la muestra se irá formando y definiendo tentativamente según el planteamiento u objetivo del problema que nos interesa, cabe resaltar que la muestra inicial puede variar debido a que en el transcurso del avance se pueden agregar o quitar casos, ampliando así la búsqueda (Hernandez et.al., 2014).

Por lo que, el presente proyecto de investigación tuvo como participantes a todo documento obtenidos de repositorios digitales como Pubmed, Scielo, ResearchGate, Taylor and Francis, EbscoHost, Scopus, Dialnet y Science Direct, de todos estos repositorios se extrajo artículos científicos, a través de la búsqueda con palabras claves referidas al tema de investigación.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada fue el análisis de documentos de manera virtual el cual es un método para examinar, clasificar o codificar elementos de un mensaje, historia, artículos, en diferentes categorías (Carhuancho et.al., 2019) en donde se recogieron los datos por medio de las diferentes consultas bibliográficas y diversos materiales con la ayuda de las palabras claves que se emplean para ejecutar el propósito del estudio clasificándolos o modificándolo en categorías

relacionadas a los cultivos resistentes al cambio climático (Hernández et al., 2014).

El instrumento de recolección de datos para la investigación fue la ficha de recopilación de datos en la cual se registró y organizó la documentación compilada de los documentos más relevantes (Carhuacho, 2019). Las cuales fueron elaboradas tomando en cuenta los objetivos, dimensiones y criterios de la matriz apriorística. Esta ficha estuvo conformada por el título de investigación, año, autor, especie del cultivo, tipo de resistencia, indicador fisiológico de resistencia, importancia alimenticia y conclusiones. Ver anexo 1.

3.6. Procedimiento

El procedimiento de búsqueda se realizó empleando las palabras claves ("food crops" AND "adapted" AND "climate change") OR ("food crops" AND "resilient" AND "climate change") OR ("food crops" AND "adaptation" AND "climate change") OR ("crops" AND "climate change") OR ("crops resilient" AND "climate change") OR ("legumes" AND "resistant" AND "climate change" OR "abiotic stress") OR ("Cereals" AND "resistant" AND "abiotic stress" OR "change climate"). Seguido de esto se emplearon los criterios de inclusión y exclusión, dentro de los criterios de inclusión se consideraron artículos y revistas en inglés y español que traten de cultivos alimenticios que sean resistentes al cambio climático y en un intervalo de tiempo de 2016 a 2021. Con respecto a los criterios de exclusión se consideraron artículos fuera del rango del tiempo de intervalo, artículos que difieran del tema; todo esto con la finalidad de obtener artículos precisos y con información destacada para la elaboración del trabajo de investigación (ver figura 1).

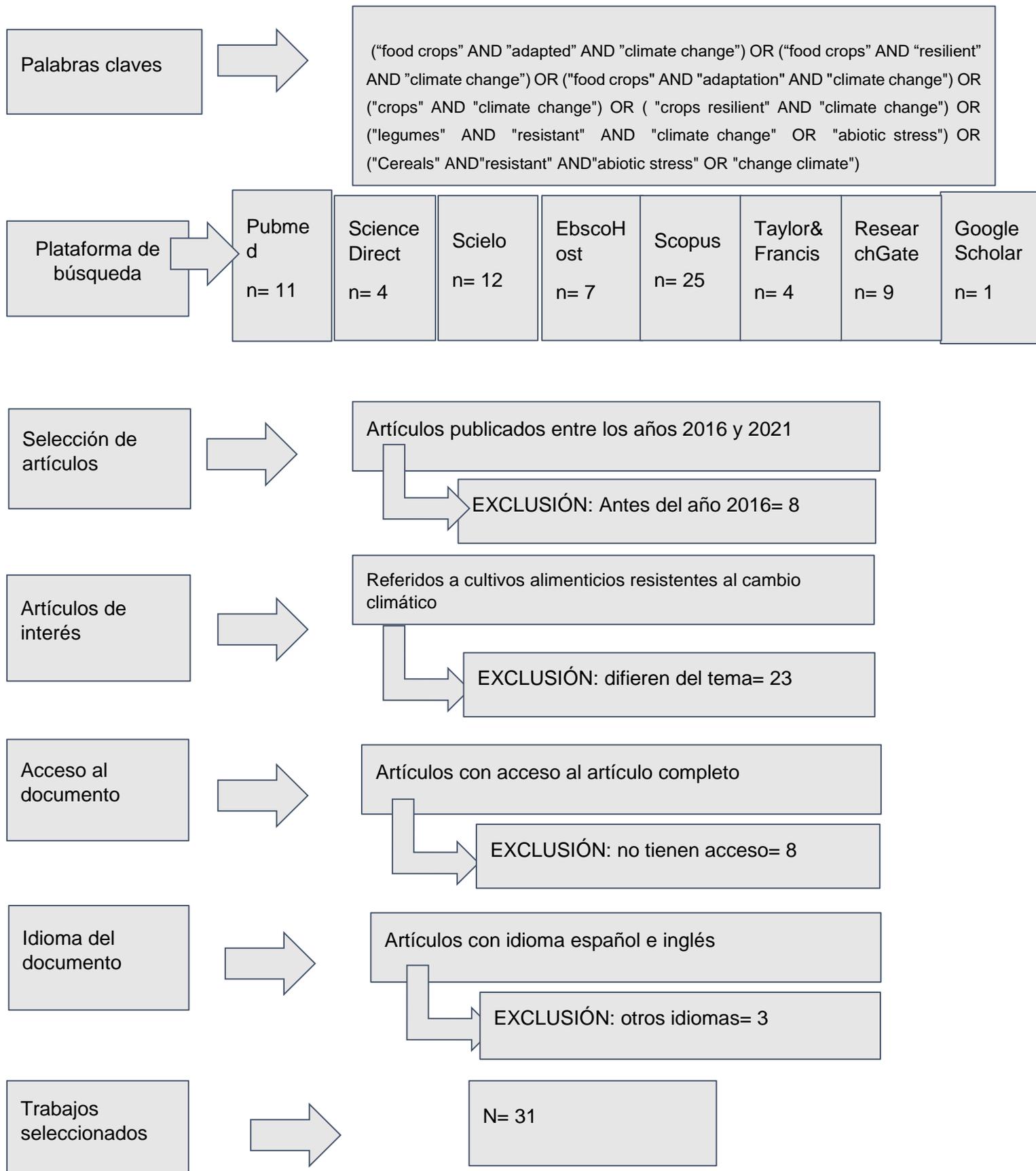


Figura 1: Proceso de búsqueda

3.7. Rigor científico

La finalidad del rigor científico es proporcionar una consistencia lógica y una estructura basada en la investigación, a través de la planificación, desarrollo, análisis y evaluación que proporcionarán al estudio una estimación más veraz (Oliveira, 2015). Está centrado en una matriz de categorización apriorística que proporcionará la coherencia lógica basada en la investigación, comenzando de los conceptos e ideas encontradas en las diferentes fuentes que proporcionaron al estudio una mayor estimación veraz.

La dependencia se basa en buscar la consistencia y estabilidad de la información que acceda comprender los métodos en el cual se incluye un diseño de estudio y una breve descripción de los trabajos evaluados. Por lo que es aceptable emplear diversos métodos para fortalecer las ideas del investigador y lograr una mayor estabilidad de los datos (Varela y Vives, 2016).

La credibilidad está enfocada en el valor verdad de los resultados obtenidos de la recogida de datos en función al objeto de estudio (Según Castillo y Vásquez, 2003 citado por Cadenas, 2016) asimismo deseando que los hallazgos sean lo más coherentes y aceptables; a través de interpretación de los hechos.

La transferibilidad está orientada a que el investigador proporciona bastante información en el que se desarrollan estudios que permiten generar hallazgos sobre los diversos trabajos de campo, con la finalidad de emplear la recolección de datos en un determinado tiempo (Varela y Vives, 2016).

La confirmabilidad su principal objetivo es asegurar los resultados obtenidos mediante las experiencias focalizadas, con el propósito de incluir nuevas ideas con argumentos que tengan una buena toma de decisiones por lo tanto es adecuado precisar la predisposición de cada investigador (Varela y Vives, 2016).

3.8. Método de análisis de datos

Primero, el trabajo de investigación se basó en recolectar información como artículos científicos, revistas científicas mediante fuentes confiables como Scopus, ScienceDirect, Pubmed, ResearchGate, Scielo, entre otros. Seguido de esto se procedió a analizar la información recopilada previa aplicando la metodología PRISMA para que de esta manera se comience a reducir, clasificar y agrupar todos los artículos teniendo en cuenta las categorías y criterios de la matriz apriorística en función a los objetivos del proyecto.

Acto seguido, se desarrolló la categoría nombrada especie tomando en cuenta criterios como a qué familia pertenece, su nombre científico, tipo de especie, país de origen, temperatura y altitud óptima, países productores y rendimiento promedio. Luego, se indagaron en los tipos y mecanismos de resistencia, teniendo en cuenta la especie, resistencia, indicador fisiológico y su importancia frente al cambio climático. Finalmente se indicó la importancia alimenticia en función de criterios como la especie, órgano comestible, importancia alimenticia y el sector de uso.

3.9. Aspectos éticos

Esta revisión considerar los siguientes aspectos éticos basados en los principios de veracidad y responsabilidad en los criterios:

- Realizar de manera responsable cada acción establecida, tal como se indica en el estudio y fomentar un clima favorable.
- Corroborar, que la información presentada en la presente investigación cuente con la suficiente confiabilidad y viabilidad en los diversos estudios de investigación que se citarán dentro de la investigación, respetando a los autores.
- Emplear correctamente las citas de las fuentes consultadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos producto de la revisión sistemática de la literatura científica con la finalidad de responder a la pregunta ¿Cuáles son los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático? Inicialmente se encontraron 73 artículos científicos referentes al tema de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión 8 artículos fueron descartados debido a que no cumplían con el rango de años, 23 artículos difieren del tema debido a que mostraban cultivos resistentes pero modificados genéticamente, los restantes fueron descartados porque no se contaba con acceso al documento completo o se encontraban escritos en otro idioma diferente al español e inglés.

En total se seleccionaron 31 artículos que contaban con la información requerida y cumplían con todos los criterios de inclusión, los cuales se verificaron en forma sistemática aplicando la metodología “Prisma”, y dentro de los criterios de inclusión se consideró el intervalo de cinco años desde 2016 hasta 2021, documentos con acceso completo y de idioma español e inglés. A continuación, se muestra la tabla de resumen de los artículos seleccionados y empleados para la elaboración de la investigación (Tabla 2).

Tabla 2. Artículos seleccionados que describen cultivos alimenticios resistentes ante el cambio climático

N°	Artículo	Año	Base de datos	Referencia
1	Quinua: en perspectiva de desafíos globales	2019	Scopus	Jaikishun et al., 2019
2	Quinua para entornos marginales: hacia la seguridad alimentaria y nutricional en el futuro en las regiones de MENA y Asia Central	2016	Pubmed	Choukr et al., 2016
3	Quinua: un cultivo modelo para comprender los mecanismos de tolerancia a la sal en las halófitas	2016	Taylor & Francis	Ruiz et al., 2016

4	Cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) En condiciones mediterráneas: una revisión	2018	Scielo	Dimitrios et al., 2018
5	La quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) Y su relación con las características agroclimáticas: una perspectiva colombiana	2020	Scielo	Garcia et al., 2020
6	Respuestas al estrés abiótico de quinua: una revisión	2018	Pubmed	Hinojosa et al., 2018
7	Adaptación, rendimiento de grano y características nutricionales de genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) en ambientes marginales de la cuenca del Mar de Aral	2020	Taylor&Francis	Botir Khaitov, et al., 2020
8	Adaptación del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa willd</i>) al cambio climático en los Andes del Perú	2016	Google scholar	Espinoza, 2016
9	La quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) en los sistemas de producción agraria	2018	Scielo	Garcia y Plazas, 2018
10	Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) en la Región - Puno	2019	scielo	Benique,2019
11	Adopción y promoción de cultivos resilientes para la mitigación del riesgo climático y la sustitución de importaciones: un análisis de caso de yuca para la agricultura sudafricana	2021	Scopus	Amelework et al., 2021
12	La producción de yuca como estrategia de adaptación al cambio climático en el distrito de Chilonga, distrito de Chiredzi, Zimbabwe	2017	Scielo	Tambudzai y Vincent, 2017

13	Mijo Perla: Nutricereal resistente al clima para mitigar el hambre oculta y brindar seguridad nutricional	2021	Scopus	Satyavathi et al., 2021
14	Etapas fenológicas del Mijo de Proso (<i>Panicum miliaceum L.</i>) codificadas en la escala BBCH	2020	Pubmed	Ventura et al., 2020
15	Uso potencial del Mijo Perla (<i>Pennisetum glaucum (L.) R. Br.</i>) En Brasil: seguridad alimentaria, procesamiento, beneficios para la salud y productos nutricionales	2018	Pubmed	Dias et al., 2018
16	Cactus (<i>Opuntia Ficus Indica</i>) y su papel en la reducción de la pobreza y el logro de los objetivos de la economía verde de Etiopía: una revisión	2020	ResearchGate	Zinabu, 2020
17	Pera de cactus: una maleza de tierras secas para suplementar la seguridad alimentaria bajo cambios clima	2020	Scielo	IQBAL, et al., 2020
18	Pitahaya (<i>Hylocereus spp.</i>): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos	2020	Scielo	Verona et al., 2020
19	Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (<i>Hylocereus undatus (How.) Britton and Rose</i>) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México	2016	Scielo	Osuna et al., 2016
20	Maní bambara: una leguminosa ejemplar infrautilizada para la resiliencia ante el cambio climático	2019	Pubmed	Mayes, et al., 2019

21	La importancia de la producción de soja frente a los cambios climáticos en África	2021	Taylor & Francis	Siamabele, 2021
22	Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático	2021	Scielo	Vargas y Cárdenas, 2021
23	Impacto de las altas temperaturas y el estrés por sequía en la producción de garbanzos	2018	ResearchGate	Devasirvatham, (2018)
24	Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>): Genética, genómica y mejoramiento	2019	Scopus	Boukar, et al., 2019
25	Caupí: un cultivo de leguminosas para un entorno desafiante	2017	pubmed	Carvalho et al., 2017
26	La coinoculación con rizobios y hongos micorrízicos aumenta el rendimiento y el contenido de proteína cruda del caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) Bajo estrés por sequía	2020	Scopus	Pereira, et al., 2020
27	Frijol jacinto (<i>Lablab purpureus</i> L.): un cultivo infrautilizado con potencial futuro	2020	Scopus	Naeem et al., 2020
28	El genoma del frijol tepary proporciona información sobre la evolución y la domesticación bajo estrés por calor.	2021	Pubmed	Moghaddam et al., 2021
29	Moringa oleifera: Un cultivo desconocido en los países desarrollados con gran potencial industrial y adaptado al cambio climático	2021	Scopus	Trigo et al., 2021
30	Moringa oleifera: un árbol multipropósito milagroso para la agrosilvicultura y la mitigación del cambio climático del Himalaya: una revisión	2020	Taylor & Francis	Sabina y Khuma, 2020

31	Árbol milagroso: una revisión sobre los usos múltiples de <i>Moringa oleifera</i> y su implicación para la mitigación del cambio climático	2016	ResearchGate	Daba, 2016
----	--	------	--------------	------------

4.1. Especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático

El objetivo fue identificar las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, ello permitirá describir las especies que presentan adaptación a algún factor adverso y conocer sus mecanismos de resistencia. En ese sentido, Antonelli et al. (2020), mencionan que sólo 15 especies alimenticias representan el 90% de la alimentación humana y muchas de ellas serán impactadas por el cambio climático, por ello es importante conocer la diversidad de cultivos resilientes y sostenibles frente a las condiciones variables del cambio climático y generar un sistema de producción de alimentos más diversos (Tabla. 3).

A través de la revisión de literatura de 31 artículos de investigación se identificaron 14 especies de cultivos tolerantes a los efectos adversos del cambio climático las cuales son *Chenopodium quinoa*, *Chenopodium pallidicaule*, *Manihot sculenta*, *Pennisetum glaucum*, *Panicum miliaceum* L, *Opuntia Ficus Indica*, *Hylocereus* spp., *vigna subterranea*, *Glycine max*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus* L., *Phaseolus acutifolius* y *Moringa oleifera*, las que se agruparon en 6 familias en donde la familia predominante con un 44% fue la Fabaceae (Mayes, et al., 2019; Siamabele, 2021; Vargas y Cárdenas, 2021; Devasirvatham, 2018; Boukar, et al., 2019; Carvalho et al., 2017; Pereira, et al., 2020; Naeem et al., 2020 y Moghaddam et al., 2021), seguido de un 14% de la Chenopodiaceae (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; García et al., 2020; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; García y Plazas, 2018 y Benique, 2019), Poaceae (Satyavathi et al., 2021; Ventura, et al., 2020 y Días et al., 2018) y Cactáceae (Hailu, 2020; Iqbal, et al., 2020; Verona et al., 2020 y Osuna et al., 2016), por último con un 7 % de especies de la familia Euphorbiaceae (Amelework et al., 2021 y Mupakati y Tanyanyiwa, 2017) y Moringaceae (Trigo et al., 2021; Sabina y Khuma, 2020 y Daba, 2016); también fueron clasificadas por tipo de especies

donde sobresale con un 50 % el tipo leguminosas, continuo un 14 % del tipo pseudocereal, cereal y frutal, y un 7 % para el de tipo raíz.

Acevedo et al. (2020), señalan que adoptar cultivos resistentes al cambio climático como especies de cereales, leguminosas, tubérculos, raíces, entre otros. ayudan a afrontar mejor las crisis climática, es así que en la revisión propuesta se observan especies de diferentes tipos y familias; sin embargo hay un predominio del tipo leguminosa en los estudios reportados de especies resistentes al cambio climático (50% del total de especies identificadas), este resultado confirma lo reportado por Bianco y Cenzano (2018), quienes mencionan que las leguminosas muestran grandes características morfofisiológicas frente a las variaciones climáticas como sequía, salinidad, entre otros; las cuales les ayudan a evitar, escapar, tolerar y sobrevivir frente a diversos estrés, producirse en áreas donde otro tipo de cultivos no consiguen crecer, asimismo, Ríos et al. (2018), indican que las legumbres son climáticamente inteligentes, se adaptan a suelos pobres mejorando su estructura y son cultivos en donde resulta ser innecesario el empleo de productos químicos ya que fijan el nitrógeno.

El origen de las especies resistentes adaptadas a las condiciones del cambio climático en la mayoría con un 29% son procedentes del continente Africano, y otro 29% son del continente Americano, seguido que el 14% tienen origen en el continente Europeo, un 7% del continente Asiático, otras especies tienen origen en dos o más continentes, por lo que un 7 % procede del continente Africano y Asiático, otro con el mismo porcentaje procede del continente Asiático y Americano, y otra especie tiene origen en los continentes de Asia, Europa, África y América.

Aproximadamente el 58% de especies identificadas en la revisión tuvieron origen en el continente africano y americano, a lo que Miranzo y del Río (2015), nos dicen que si bien es cierto el continente Africano tiene y tendrá impactos en sus ecosistemas ya que su clima ha sido muy variable hace siglos, al igual que el continente Americano (López y Hernández, 2016) y debido a esto, las especies originarias de estos continentes se han ido adaptando a estas condiciones,

formando sus propias características de resistencia (FAO, 2018) y han logrado acostumbrarse positivamente a los cambios.

Las temperaturas óptimas para la mayoría de especies resistentes van de 20°C a 35°C (*Medina et al., 2017; *Huachi et al., 2015; Osuna et al., 2016; Mayes, et al., 2019; **Battisti y Sentelhas, 2017; Vargas y Cárdenas, 2021; Pereira, et al., 2020; *Minde et al., 2020; Moghaddam et al., 2021; Trigo et al., 2021; Sabina y Khuma, 2020 y *Domenech et al., 2017), y otras con temperaturas que oscilan entre 15°C a 20 °C (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; García et al., 2020; Botir et al., 2021; Ventura, et al., 2020; Benique, 2019; *Homer et al., 2020), a esto se sabe que la temperatura global media aumentará de 0.3 a 0.7 °C por década llegando posiblemente hasta los 4.8 °C (Hinojosa et al., 2018), por lo que Chaves y Gutiérrez (2017) señala que si bien cada especie tiene una temperatura óptima para su correcto desarrollo, esto no es problema para las especies que estando frente a variables cambios climáticos son flexibles en su estructura o fisiología lo que le atribuye adaptación al cambio de clima.

Las altitudes óptimas para el desarrollo de las diversas especies son variadas, la mayoría crece a altitudes que van de 0 a 3600 m.s.n.m (Amelework et al., 2021; Sabina y Khuma, 2020; *Huachi et al., 2015; Osuna et al., 2016; Hailu, 2020; Iqbal, et al., 2020; Siamabele, 2021; **Wahyudi y Syukur, 2021; *Wahyudi y Syukur., 2021; Trigo et al., 2021; Garcia y Plazas, 2018 y Sabina y Khuma, 2020) y otras hasta los ≥ 4000 m.s.n.m (Benique, 2019; Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; García et al., 2020; Hinojosa et al., 2018 y Espinoza, 2016), por lo que se estableció un rango que va de 0 a ≥ 4000 m.s.n.m como se aprecia en la tabla 3.

En tal sentido Álvarez et al. (2016), hacen mención que las plantas crecen en un determinado rango de altitud debido al tipo de suelo y a su ubicación, a esto Ramírez y Hernández (2016), indican que las especies que se desarrollan favorablemente en altitudes altas es debido a un buen crecimiento ramificado en su ciclo vegetativo, además Huamán et al. (2021), señalan que a medida que la gradiente altitudinal se incrementa, el suelo poseerá mayor potencial de acumulación de carbono orgánico, lo cual Cloter et al. (2016), corroboran

diciendo que la presencia de carbono mejora la capacidad de retención e infiltración de agua.

Se ha identificado que un 72 % de las especies resistentes al cambio climático tienen un rendimiento promedio que va de 0.80 a 12 toneladas por hectáreas (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Bilalis et al., 2019; Garcia et al., 2020; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; Garcia y Plazas, 2018; Benique, 2019; Amelework et al., 2021; Mupakati y Tanyanyiwa, 2017; Satyavathi et al., 2021; Ventura, et al., 2020; Dias et al., 2018; Mayes, et al., 2019; *Chito et al., 2017; Vargas y Cárdenas, 2021; Boukar, et al., 2019; **Mohammed., 2021; Pereira, et al., 2020; Naeem et al., 2020), seguido de un rendimiento de 12 a 30 tn/ha (**Ortiz y Takahashi, 2020 y **Alvarado et al., 2020) y en menor proporción hay especies que rinden de 40 a 207 toneladas por hectáreas (Hailu, 2020 y Iqbal, et al., 2020). A esto, Acevedo et al. (2020), dicen que los cultivos resistentes están destinados a mantener o aumentar el rendimiento frente a condiciones de estrés proporcionando un medio para adaptarse, por otro lado, Cadet y Guerrero (2018), mencionan que las variaciones en el rendimiento de producción dependen de la ubicación, tipo de suelo y de su capacidad de respuesta a los diversos factores climáticos.

4.1.1 Países en los que se reporta el cultivo de especies resistentes a los efectos adversos del cambio climático

Con respecto a los países en donde se producen los diferentes cultivos alimenticios resistentes al cambio climático, según los diversos autores mencionan como principal país productor a Brasil, este resultado se basó en 10 artículos que recalcaron la presencia de cultivos con tolerancia al estrés abiótico (Dias et al., 2018; Hailu, 2020; Iqbal, et al., 2020; Verona et al., 2020; Osuna et al., 2016; Siamabele, 2021; Boukar, et al., 2019; Carvalho et al., 2017; Naeem et al., 2020 y Trigo et al., 2021), seguido de esto, los países de Perú, Argentina y Bolivia se encuentran como segundos productores de cultivos resistentes a nivel mundial ya que 9 artículos para cada uno de estos países los mencionan (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Bilalis et al., 2019; Garcia et al., 2020; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; Garcia y Plazas, 2018, Benique, 2019; Hailu, 2020; Iqbal, et al., 2020; Verona et al., 2020; Siamabele,

2021 y Vargas y Cárdenas, 2021), para Colombia y la India 8 artículos para cada uno de los países indican que también se cultivan especies tolerantes al cambio climático (Sabina y Khuma, 2020; Trigo et al., 2021; Naeem et al., 2020; Carvalho et al., 2017; Vargas y Cárdenas, 2021; Verona et al., 2020; Hailu, 2020; Satyavathi et al., 2021; Espinoza, 2016; Botir et al., 2021; Hinojosa et al., 2018; García et al., 2020; Bilalis et al., 2019; Ruiz et al., 2015 y Jaikishun et al., 2019), asimismo en 7 artículos para cada uno de los países se menciona que en Chile y Nigeria se producen de la misma manera cultivos resilientes (Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; Garcia et al., 2020; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; Amelework et al., 2021; Mupakati y Tanyanyiwa, 2017; Satyavathi et al., 2021; Hailu, 2020; Mayes, et al., 2019; Boukar, et al., 2019; Carvalho et al., 2017 y Sabina y Khuma, 2020), con respecto a Italia 5 artículos lo respaldan como país productor de cultivos de especies tolerantes (Vargas y Cárdenas, 2021; Hailu, 2020; Ventura, et al., 2020; Mupakati y Tanyanyiwa, 2017 y Jaikishun et al., 2019), los países de Australia, Ecuador, Estados Unidos y México también se encuentran como productores ya que 4 artículos para cada uno de los países indican la producción de especies resistentes (Bilalis et al., 2019; Espinoza, 2016; García y Plazas, 2018; Hailu, 2020; Iqbal, et al., 2020; Verona et al., 2020; Osuna et al., 2016; Siamabele, 2021; Vargas y Cárdenas, 2021; Devasirvatham, 2018; Naeem et al., 2020 y Moghaddam et al., 2021), por otro lado en España, Indonesia y Sudáfrica para cada uno de ellos 3 artículos los resaltan como principales productores de cultivos tolerantes (Daba, 2016; Sabina y Khuma, 2020; Naeem et al., 2020; Carvalho et al., 2017; Vargas y Cárdenas, 2021; Mayes, et al., 2019; Iqbal, et al., 2020; Amelework et al., 2021 y Garcia et al., 2020); países como China, Argelia, Etiopía, Filipinas, Marruecos, Portugal, Israel y Vietnam para cada uno de ellos 2 artículos los respaldan como productores (Daba, 2016; Sabina y Khuma, 2020; Trigo et al., 2021; Carvalho et al., 2017; Vargas y Cárdenas, 2021; Osuna et al., 2016; Verona et al., 2020; Iqbal, et al., 2020; Hailu, 2020; Choukr et al., 2016 y Jaikishun et al., 2019), por otro lado en Dinamarca, Reino Unido, Costa Rica, Curazao, Pakistan, Panama, República del congo, Suecia, Tailandia, Tibet, Túnez, Turquía, Uruguay, Venezuela, Sudán, Senegal, Chad, Malí, Níger y Burkina Faso hay presencia de cultivos resistentes al cambio climático en base a que para cada uno de los países 1 artículo ha reportado su existencia

(Jaikishun et al., 2019; Amelework et al., 2021; Satyavathi et al., 2021; Iqbal, et al., 2020; Verona et al., 2020; Mayes, et al., 2019; Vargas y Cárdenas, 2021; Boukar, et al., 2019 y Daba, 2016). De todo lo antes mencionado se puede deducir que el principal continente como productor de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático es el continente Americano y seguido del continente Africano (Figura 1).

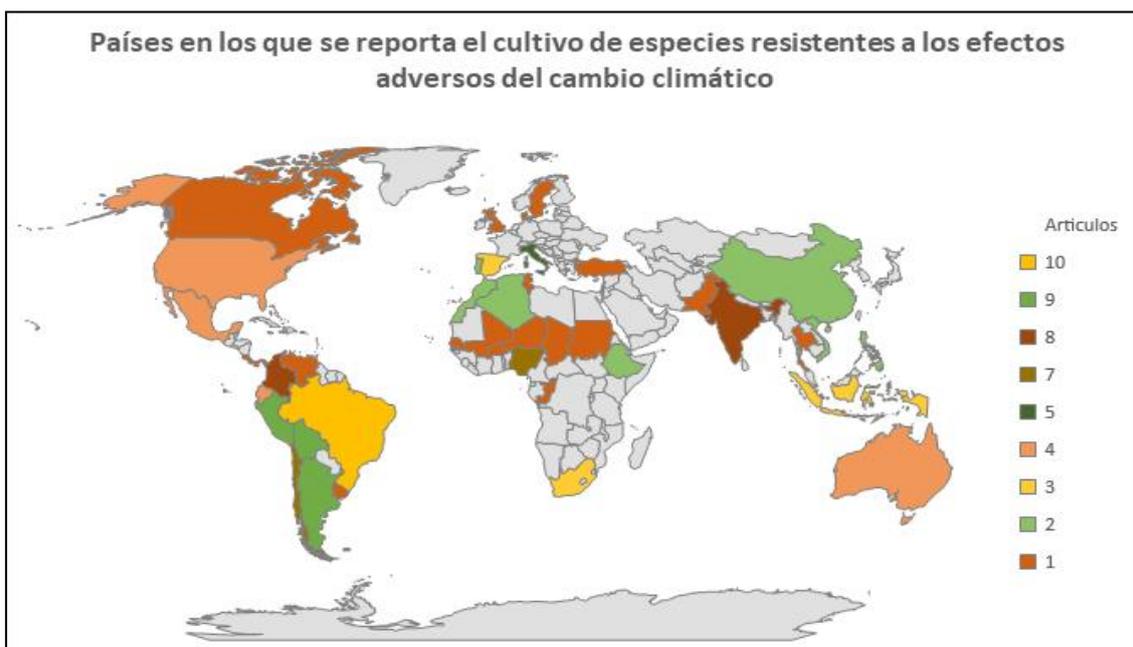


Figura 2: Países en los que se reporta el cultivo de especies resistentes a los efectos adversos del cambio climático

Nota: los colores indican el número de autores que reportan algún cultivo resistente a los efectos adversos del cambio climático cultivados en un país determinado.

4.1.1.1. Producción de la familia *Chenopodiaceae*

En cuanto a la familia *Chenopodiaceae* que comprenden las especies de *Chenopodium pallidicaule* y *Chenopodium quinoa* según ocho artículos mencionan como principales países productores a Perú y Bolivia, asimismo como segundo productor de especies resistentes de la familia *Chenopodiaceae* a nivel mundial se ubica Colombia y Chile, seguido de esto Argentina se coloca en tercer lugar, y Ecuador se sitúa entre los cuatro primeros lugares en las que se produce cultivos resistentes a los fenómenos climáticos. Asimismo,

Marruecos se suma a la productividad de estas especies como país productor, finalmente diversos artículos mencionan a países como Australia, China, India, España, Francia, Reino Unido, Suecia, Dinamarca, Italia, Estados Unidos y Canadá como también productores de especies tolerantes de la familia *Chenopodiaceae* a los efectos adversos del cambio climático. Respecto a lo anteriormente mencionado se infiere en que el mayor productor de estos cultivos se encuentra en el continente americano (Figura 2).

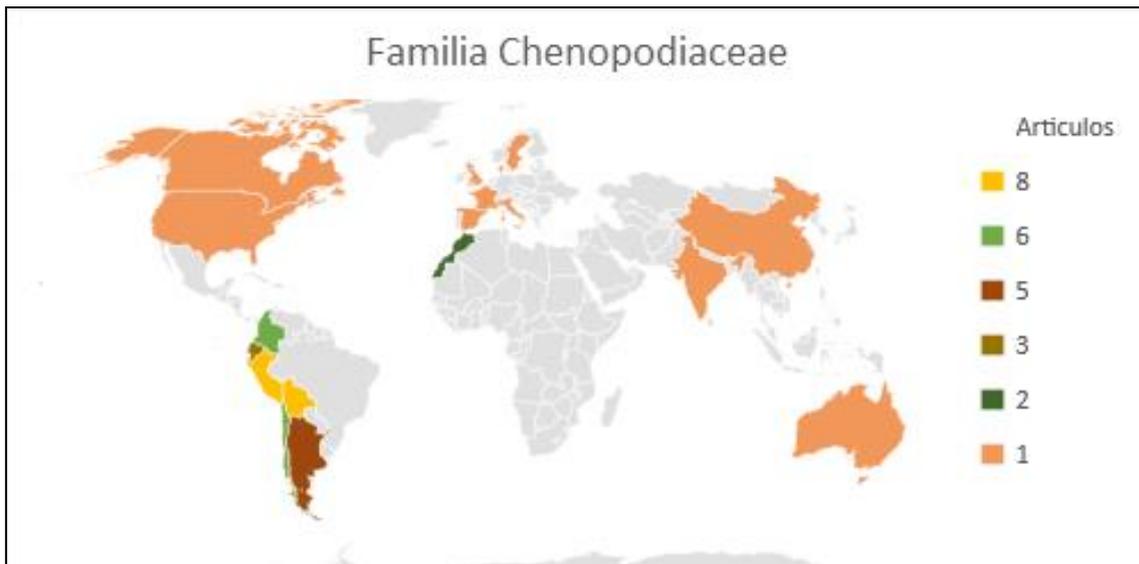


Figura 3: Producción de la familia Chenopodiaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Chenopodiaceae cultivados en un país determinado.

4.1.1.2. Producción de la familia Euphorbiaceae

En relación a la familia Euphorbiaceae dos investigaciones reportan a la especie de *Manihot sculenta* y a Nigeria como el principal país de producción de este cultivo, el cual presenta resistencia ante los factores adversos del cambio climático, también se señaló a países como Indonesia, Brasil, República del Congo e Italia como productores de cultivos resistentes de esta familia (Figura 3).



Figura 4: Producción de la familia Euphorbiaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Euphorbiaceae cultivados en un país determinado.

4.1.1.3. Producción de la familia Poaceae

Con Respecto a la Familia Poaceae que comprenden los cultivos de Pennisetum glaucum y Panicum miliaceum L., los resultados se basaron en la información de diversos artículos en donde cada uno de ellos indican a países como la India, Nigeria, Sudán, Senegal, Chad, Malí, Níger, Burkina Faso, Italia y Brasil como principales productores de cultivos resilientes al cambio climático de la familia Poaceae (Figura 4).



Figura 5: Producción de la familia Euphorbiaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Poaceae cultivados en un país determinado.

4.1.1.4. Producción de la familia Cactaceae

En cuanto a la familia Cactaceae se reportan a los cultivos *Opuntia Ficus Indica* y *Hylocereus* spp. y como el principal país productor de estas especies resilientes al cambio climático a Brasil, seguido se considera a México como productor de especies tolerantes de la familia Cactaceae, asimismo se reporta la presencia de estas especies en países como Colombia, Argentina, Vietnam e Israel, diversos artículos indican también a países como la India, Italia, Israel, Chile, Argelia, Túnez, Sudáfrica, Costa Rica, Ecuador, Venezuela, Panamá, Bolivia, Curazao, Uruguay, Perú, Vietnam, Australia y Estados Unidos como países productores de especies resistentes al cambio climático de la familia Cactaceae (Figura 5).

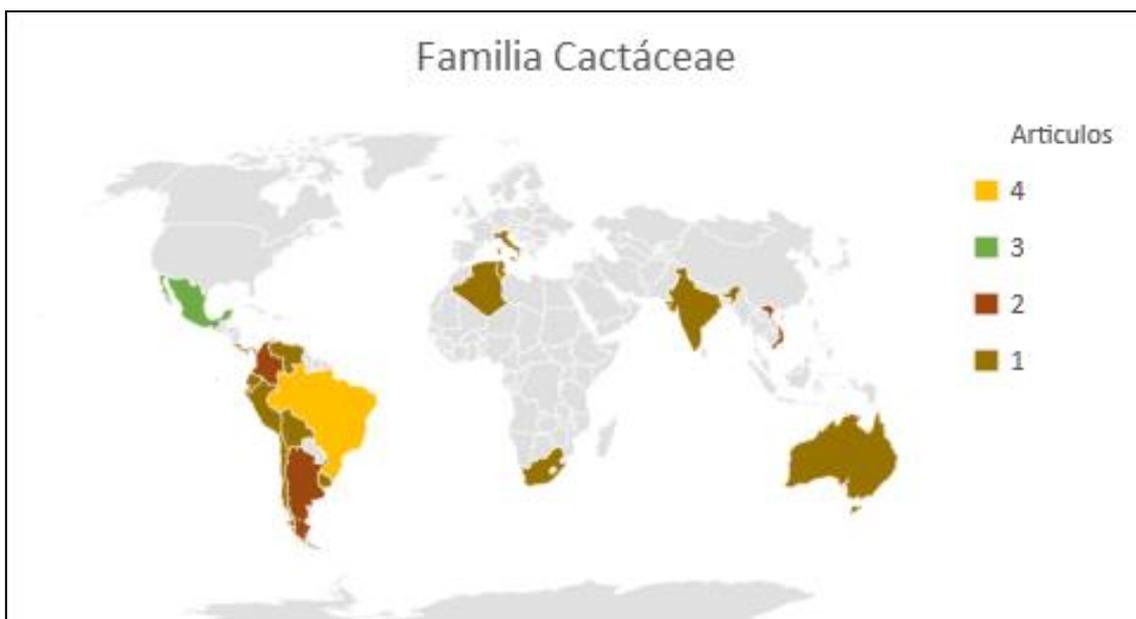


Figura 6: Producción de la familia Cactaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Cactaceae cultivados en un país determinado.

4.1.1.5. Producción de la familia Fabaceae

Referente a la familia Fabaceae que comprenden especies como *Vigna subterranea*, *Glycine max*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus* L. y *Phaseolus acutifolius*, según la revisión de cuatro artículos indican como principal país productor de especies resistentes al cambio climático pertenecientes a la familia Fabaceae a Brasil, le siguen los países de la India y Nigeria que también han reportado la presencia de cultivos tolerantes a los efectos adversos del cambio climático, asimismo se reporta a países como España, Indonesia, Estados Unidos, Portugal, Argentina y Australia como de igual modo productores de especies alimenticias tolerantes, seguido de esto Tailandia, Pakistán, Turquía, Italia, México, Níger, Burkina Faso y Etiopía figuran en diversos artículos como productores de esta familia de especies tolerantes al estrés climático (Figura 6).

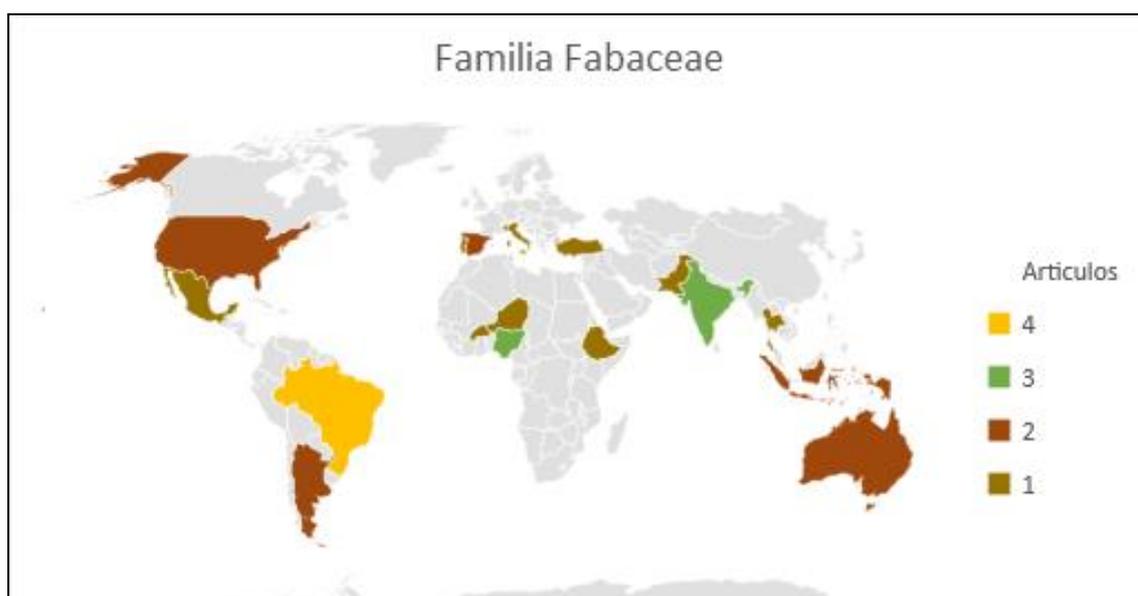


Figura 7: Producción de la familia Fabaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Fabaceae cultivados en un país determinado

4.1.1.6. Producción de la familia Moringaceae

En cuanto a la familia Moringaceae que incluye la especie de la *Moringa Oleifera* como cultivo resistente a las condiciones del cambio climático, se indica que su

mayor producción se encuentra ubicada en el país de la India, Filipinas y Sudáfrica ya que artículos han reportado su presencia en estos países, por otro lado, también se ha reconocido a países como China, Brasil, Nigeria, Etiopía como productores de la Moringa Oleifera (Figura 7).

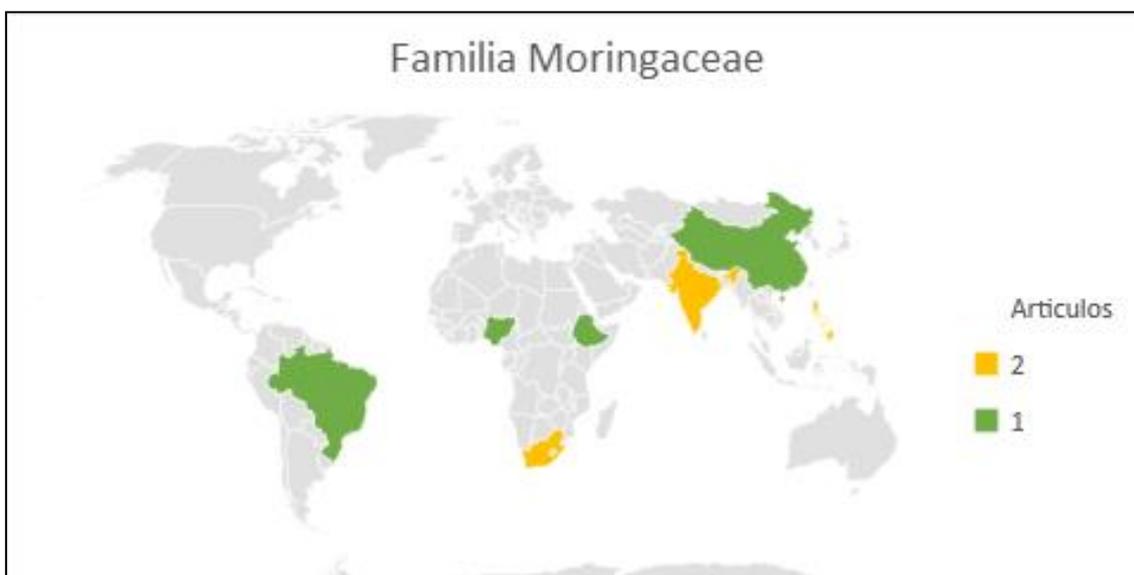


Figura 8: Producción de la familia Moringaceae

Nota: los colores indican el número de autores que reportan a los cultivos de la Familia Moringaceae cultivados en un país determinado.

A todo lo antes mencionado, los resultados mostraron la distribución a nivel mundial de las especie resistente al cambio climático agrupadas por familias, siendo resaltantes en países pertenecientes al continente americano seguido del continente africano, a lo que Gutiérrez y Trejo (2014), señalan que identificar los países en donde se distribuyen las especies tolerantes a los estrés abióticos permitirá conocer las condiciones actuales de estos territorios en cuanto a sus características ambientales que requieren.

Tabla 3. Especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático

Familia	Especie	Tipo	origen	T° optim a	Altitud óptima	Países de producción	Rendimient o promedio	Referencia
Chenopodiaceae	Chenopodium quinoa	pseudo cereal	regiones andinas que abarcán Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina y Chile	15 a 20 °C	>4000 m.s.n.m.	Perú y Bolivia, Marruecos, Francia, India, China, Reino Unido, Suecia, Dinamarca, e Italia	3 tn / ha	Jaikishun et al., 2019
	Chenopodium quinoa			15 a 20°C	>3600- 3800 m.s.n.m.	Marruecos, Bolivia y Perú	2 a 3 tn/ha	Choukr et al., 2016
	Chenopodium quinoa			-	>3600 m.s.n.m.	Colombia hasta el sur Chile	-	Ruiz et al., 2015
	Chenopodium quinoa			-	0 a 4000 msnm	Colombia, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador y Argentina, EE. UU., Canadá, Australia	1 a 1.5 tn/ha	Bilalis et al., 2019
	Chenopodium quinoa			10 a 15 °C	0 a 4000 msnm	Colombia, Bolivia, Perú, Chile, España y Argentina	1 a 2 tn/ha	Garcia et al., 2020
	Chenopodium quinoa			-	0 a 4000 msnm	Colombia, Chile, Argentina, Perú y Bolivia	2.3 a 2.7 tn/ha	Hinojosa et al., 2018

	Chenopodium quinoa			< 32 °C	-	Colombia, Argentina y Chile	2.3 a 2.5 tn/ha	Botir et al., 2021
	Chenopodium quinoa			-	4000 m.s.n.m	Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Chile, Argentina	5 tn/ha	Espinoza, 2016
	Chenopodium quinoa			-	2400 a 3200 m.s.n.m	Bolivia, Ecuador y Perú	1.7 tn/ha	Garcia y Plazas, 2018
	Chenopodium pallidicaule			Perú y Bolivia	17 °C	4000 m.s.n.m	Perú, Bolivia	3 tn/ha
Euphorbiaceae	Manihot sculenta	raíces	América del Sur	25 a 29 °C *	< 800 m.s.n.m	Nigeria, La República Democrática del Congo, Brasil e Indonesia	<12 tn / ha	Amelework et al., 2021; *Medina et al., 2017
	Manihot sculenta			25 a 29 °C *	-	Nigeria e Italia	> 3 tn /ha	Mupakati y Tanyanyiwa, 2017; *Medina et al., 2017
Poaceae	Pennisetum glaucum	cereal	África y Asia	-	-	India, Nigeria, Sudán, Senegal, Chad, Malí, Níger y Burkina Faso	2 a 4 tn/ha *	Satyavathi et al., 2021; *Lopez et al., 2018
	Panicum miliaceum L.		Norte de Italia	12°C	-	Asia, África e Italia	2.2 tn/ha	Ventura et al., 2020
	Pennisetum glaucum		África, Asia	-	-	Asia, África, Brasil	0.80 tn/ha	Dias et al., 2018

Cactaceae	Opuntia Ficus Indica	frutal	América tropical y subtropical	15 a 20 °C *	800 a 2000 m.s.n.m *	África, Asia, Europa, Australia, Brasil, India, Italia, Argentina, Colombia, Israel, Chile	207 tn/ha	Hailu, 2020; *Homer et al., 2020
	Opuntia Ficus Indica		México	15 a 20 °C *	3100 – 3600 m.s.n.m**	Brasil, México, Argelia, Túnez, Sudáfrica y Argentina	40 a 50 tn/ha	Iqbal et al., 2020, *Homer et al., 2020, **Vargas et al., 2019
	Hylocereus spp.		Centroamérica y la selva peruana	18 a 25°C*	800 - 1850 msnm*	Regiones subtropicales y tropicales de América Latina, México, Venezuela, Colombia, Brasil, Costa Rica y Ecuador, Bolivia, Panamá, Curazao, Uruguay, Perú y Vietnam	10 a 30 tn/ha**	Verona et al., 2020; *Huachi et al., 2015; **Ortiz y Takahashi, 2020

	Hylocereus spp.		Vietnam, Malasia, Tailandia y Taiwán principalmente, México, Guatemala, Honduras, Costa Rica, Brasil, Colombia y Ecuador*	18 a 26 °C	<= 1850 m.s.n.m	México, Israel, Vietnam, Brasil, EE. UU	-	Osuna et al., 2016; *Huachi et al., 2015
Fabaceae	Vigna subterranea	leguminosa	África subsahariana	23 a 29°C	-	Indonesia, Tailandia, Nigeria	3 tn/ha	Mayes et al., 2019
	Glycine max		China	25° **	< 1000 m.s.n.m*	Asia, EE. UU, Brasil, Argentina	2.5 a 3 tn/ha*	Siamabele, 2021; *Chito et al., 2017; **Battisti y Sentelhas., 2017
	Cicer arietinum		África subsahariana	25°C a 35°C	-	India, Pakistán, Turquía, España, Italia, Portugal, México, Argentina	1 tn/ha	Vargas y Cárdenas, 2021
	Cicer arietinum		África	15 a 29 °C*	-	Europa, Australia, Asia	-	Devasirvatham, 2018; *Echevarria et al., 2014

	Vigna unguiculata		África Occidental	28 °C *	<1000 m.s.n.m**	América latina, África, Sur de Asia, Nigeria, República Níger, Burkina, Brasil	2 tn/ha	Boukar et al., 2019; *Gómez., 2017; **Wahyudi y Syukur, 2021
	Vigna unguiculata		África	28 °C		Nigeria, Africa, India, Brasil, España, Etiopía, Portugal, España	4 tn/ha**	Carvalho et al., 2017; *Wahyudi y Syukur., 2021; **Mohammed., 2021
	Vigna unguiculata		África	20°C a 35 °C	<1000 m.s.n.m*	África	1 tn/Ha	Pereira et al., 2020; *Wahyudi y Syukur., 2021
	Lablab purpureus L.		África	22 °C a 35 °C *	-	India, Australia, Brasil, África, América Central y del Sur, Indias Occidentales, Sudeste Asiático e Indonesia.	0.80 tn	Naeem et al., 2020; * Minde et al., 2020
	Phaseolus acutifolius		Desierto de sonora	27°C	-	EE. UU*	-	Moghaddam et al., 2021; *Molosiwa y Kgekong., 2018
Moringaceae	Moringa oleifera		norte de la India y de algunas zonas	25 a 35 °C	<600 m.s.n.m	Asia, África, India, china, Brasil	2 cosechas de mazorcas por año	Trigo et al., 2021

			del norte de Europa					
	Moringa oleifera		sur de Asia	25 a 35 °C	600 a 2000 m.s.n.m	La India, Nigeria, Islas del Pacífico, el Caribe, Filipinas, Sudáfrica, Asia, Florida	1 árbol produce de 50 a 70 kg de vainas en un año	Sabina y Khuma, 2020
	Moringa oleifera		Etiopía, Florida, Sudán Caribe, Filipinas, Sudáfrica, Asia y América Latina	25 a 35 °C *	-	Etiopía, Islas del Pacífico, Florida, Sudán Caribe, Filipinas, Sudáfrica, Asia, América Latina	15 tn/ha/año**	Daba, 2016; *Domenech et al., 2017; **Alvarado et al., 2020

4.2. Tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático

El objetivo fue identificar los tipos y mecanismo de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático. Los efectos adversos del cambio climático sobre los cultivos son sequía (Arteaga, 2021), salinidad (Pulido, 2016), altas temperaturas (Balfagon et al., 2020) y heladas (Ambroise, 2020), asimismo es fundamental conocer sus mecanismos de tolerancia, y a partir de ahí posiblemente seleccionar genotipos para mejorar cultivos más vulnerables (Boicet, 2018), ya que la mayoría de cultivos actualmente empleados para la dieta humana serán incapaces de soportar tensiones abióticas (Minde et al., 2021).

Los resultados muestran que las especies presentan diversas capacidades, de esta manera los cultivos han mostrado ser resistentes a uno o más efectos adversos en alguna ocasión (Tabla 3). Para la sequía y altas temperaturas se encontró que un 36% de cultivos presentaron tolerancia a esos dos efectos como la *Vigna unguiculata* (Boukar, et al., 2019; *Mohammed., 2021; **Gómez., 2017 y Pereira, et al.,2020), *Glycine max* (*Battisti y Sentelhas., 2017), *vigna subterranea (l.) verde* (Mayes, et al., 2019), *Hylocereus spp.* (Osuna et al., 2016) y *Pennisetum glaucum* (Satyavathi et al., 2021 y *Fischer et al., 2016); para solo la sequía se encontró un 29 % de especies tolerantes como *Manihot sculenta* (Amelework et al., 2021 y Mupakati y Tanyanyiwa, 2017), *Panicum miliaceum L.* (Ventura, et al., 2020), *Opuntia Ficus Indica* (*Homer et al., 2020 y *Galicia et al., 2017) y *Cicer arietinum* (*Echeverría et al., 2019); para la sequía, altas temperaturas y heladas se observó un 21% de especies representadas por *Chenopodium pallidicaule* (Benique,2019), *Phaseolus acutifolius* (Moghaddam et al., 2021 y *Molosiwa y Kgokong., 2018) y *Moringa oleifera* (Trigo et al., 2021; Sabina y Khuma, 202;; *Alvarado et al., 2020 y **Domenech et al., 2017); la especie tolerante solo a la salinidad fue el *Lablab purpureus L.* (Naeem et al., 2020) y la única especie tolerante a la sequía, salinidad, helada y altas temperaturas fue la *Chenopodium quinoa* (Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; García et al., 2020; *Dražić et al., 2018; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; García y Plazas, 2018).

En general el 93 % de las especies son resistentes a la sequía debido a que requieren precipitaciones mínimas de <200 mm a 800 mm anuales (Bilalis et al., 2019; *Dražić et al., 2018; Hinojosa et al., 2018; García y Plazas, 2018; Benique,2019; Amelework et al., 2021; Mupakati y Tanyanyiwa, 2017; *Fischer et al., 2016; Ventura, et al., 2020; *Fischer et al., 2016; *Homer et al., 2020 y *Galicia et al., 2017), el 64 % a las altas temperaturas tolerando grados que van de 32 a 48°C (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016; Garcia y Plazas, 2018; Benique,2019; Satyavathi et al., 2021; *Fischer et al., 2016;Osuna et al., 2016; Mayes, et al., 2019; * Battisti y Sentelhas., 2017), el 29% resiste a las heladas con temperaturas de -1°C a -8°C (Garcia y Plazas, 2018; Benique,2019; Espinoza, 2016; Hinojosa et al., 2018 ; Choukr et al., 2016; Jaikishun et al., 2019; * Molosiwa y Kgokong., 2018; Trigo et al., 2021) y el 14% a la salinidad ya que toleran 10 ds/m² de NaCl, 20 ds/m² de NaCl (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021) hasta los 30 ds/m² de NaCl (Naeem et al., 2020).

A esto, Chaves y Gutiérrez (2016), dicen que la mayoría de especies vegetales sufren daños al estar sujetas a temperaturas inferiores a 10°C y a temperaturas máximas de 30 y 40°C causando problemas en sus órganos reproductivos, y otro autor menciona que si bien los ambientes no permanecerán para siempre en su rangos óptimos para el desarrollo de cultivos, es importante reconocer que en respuesta a esto hay plantas que despliegan una gran variabilidad estructural y fisiológica para hacerle frente a los cambios del clima (Larcher, 1980; Kappen, 1981 citado por Chaves y Gutiérrez, 2016), las cuales vienen a ser las especies identificadas en la presente revisión.

Una de las causas principales en base a los problemas de la agricultura y de los cultivos alimenticios es la salinidad debido a que este puede llegar a afectar entre un 7% a 10% de los suelos (Upadhyay et al.2011 citado por López et al., 2016), de igual manera cabe reconocer que la mayoría de cultivos alimenticios son susceptibles a la salinidad ya que teniendo una CE > 4 dS.m⁻¹ el rendimiento de la producción se ve reducida (Egamberdieva y Lugtenberg, 2014 citado por Ramírez y Hernández, 2016), sin embargo existen cultivos tolerantes como la *Chenopodium quinoa* y la *Lablab purpureus L.* a las que autores reportaron

una tolerancia hasta de 30 ds/m² de NaCl (Naeem et al., 2020; Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; Hinojosa et al., 2018 y Botir et al., 2021)

En segundo lugar, los índices de tolerancia proporcionan a las especies medidas de adaptación frente a los factores climáticos, de esta forma la mayoría de especies tuvo como indicador a su biomasa radicular debido a que las raíces más extensas proporcionan una mejor absorción de agua profundas del suelo (Numan et al., 2021) a esto Carvalho et al. (2017) corrobora señalando que el enraizamiento está fuertemente relacionado con la tolerancia a la sequía, asimismo Díaz et al. (2018) dice que permite extraer nutrientes de las capas más profundas del suelo; otro indicador fue el ajuste osmótico tiene un mecanismo que le permite a la planta mantener la absorción de agua incluso en suelos secos (Inda et al., 2020); el metabolismo de ácido abscísico es una hormona vegetal que está relacionada con el cierre de estomas reduciendo o evitando la pérdida de agua por transpiración (Méndez y Vallejo, 2019) y hace capaz a las plantas en mantener agua dentro de ellas (Li Wang et al., 2019), también García y plazas (2018) aportan diciendo que la aparición de hojas jóvenes presentan pubescencias vesiculares compuestas de oxalato de calcio que le dan a la lámina foliar la capacidad de incrementar la humedad, interviniendo así en el comportamiento de los estomas; también otro indicador fue tener una alta eficiencia fotosintética que les permite a las plantas reanudar a su tasa fotosintética después de un periodo de escasez de agua (Jaikishun et al., 2019 y Benique, 2019); fenología temprana o maduración rápida (Ventura, et al., 2020; Devasirvatham, 2018 y Naeem et al., 2020); entre otros menos mencionados como la alta solubilidad de azúcar (Jaikishun et al., 2019); la acumulación de solutos orgánicos compatibles, glándulas y vejigas secretoras de sal (Jaikishun et al., 2019); la reducción del potencial hídrico y estrés iónico (García et al., 2020), a esto Botir et al. (2021) corrobora mencionando que la acumulación de iones de sal en el tejido ajusta el potencial hídrico de las hojas y limita la transpiración; otro indicador fue contar con una defensa antioxidante, estabilización de la membrana celular, regulación del crecimiento (Hinojosa et al., 2018), aumento de la elasticidad de la pared celular (Mayes et al., 2019), tener tallos ramificados con glándulas excretoras, folíolos aserrados y

glandulosos y la absorción de carbono a través de la fotosíntesis (Vargas y Cardenas, 2021).

A lo mencionado, Martínez et al. (2018), mencionan que los mecanismos de adaptación de las plantas ante las diferentes tensiones abióticas les da la capacidad de detectar las variaciones ambientales y responder rápidamente a las condiciones de estrés, reduciendo los daños y conservando recursos cruciales para su crecimiento y reproducción, estas capacidades de respuesta se dan porque estas especies cambian a nivel celular, transcriptómica y fisiológico, activando una red de mecanismos que facilitan la adaptación frente a un ambiente desfavorable.

Tabla 4. Tipos y mecanismos de resistencia de los cultivos alimenticios a los efectos adversos del cambio climático

Especie	Salinidad	Sequía	Heladas	Altas temperaturas	Indicador fisiológico de tolerancia	Importancia de la especie en el cambio climático	Referencia
Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/m ² de NaCl	-	-8 °C	38 °C	-Biomasa radicular - alta solubilidad de contenido de azúcar -eficiencia del sistema fotosintético -acumulación de solutos orgánicos compatibles, succulencia y glándulas secretoras de sal	La quinua tiene una notable tolerancia al estrés abiótico y es muy nutritiva, con un equilibrio único y una mayor cantidad de nutrientes, por lo que puede ser un cultivo importante para la seguridad alimentaria y la adecuación nutricional.	Jaikishun et al., 2019
Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/ms de NaCl	4 días sin agua	-5°C	38°C	-Biomasa Radicular	Es un cultivo de gran valor en términos de tolerancia a los estreses abióticos. Además,	Choukr et al., 2016

					-calidad del metabolismo de los carbohidratos	es uno de los cultivos alimentarios más nutritivos que se conocen actualmente y las propiedades nutritivas del cultivo se consideran un medio para combatir la desnutrición a nivel mundial.	
Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/m ² de NaCl	-	-	-	-intercambio de gases y la transpiración. - Disminución de la conductancia estomática -el metabolismo de los carbohidratos	Quinoa es un cultivo andino tolerante a la salinidad y otros tipos de estrés abiótico lo cual le otorga un alto potencial en un mundo donde la escasez de agua y el aumento de la salinización del suelo son causas importantes de malas cosechas.	Ruiz et al., 2015

Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/m ² de NaCl	<200 mm de precipitación anual	-	-	-Biomasa Radicular - respuestas estomáticas y ajustes osmóticos	La quinua es un cultivo de pseudocereal que se adapta bien a las condiciones climáticas, puede sugerirse como un nuevo cultivo frente a condiciones afectadas por estrés abiótico, ya que tiene características tolerantes, es adaptable a condiciones agroecológicas y tiene valor nutricional.	Bilalis et al., 2019
Chenopodium quinoa	-	<320 mm precipitación anual *	-	-	-Biomasa radicular -aumento en la eficiencia fotosintética -reducción del potencial hídrico, y estrés iónico	La amplia variabilidad natural de la quinua en características tales como la tolerancia a la sequía y la salinidad han permitido que este cultivo sea una de las principales opciones frente al cambio climático.	García et al., 2020; *Dražić et al., 2018

Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/m ² de NaCl	<200 mm de precipitación anual	-8 °C	35 °C	<ul style="list-style-type: none"> -Biomasa radicular -defensa antioxidante -estabilización de la membrana celular -regulación del crecimiento y conductancia estomática -ajuste osmótico 	<p>Quinoa es un cultivo andino genéticamente diverso debido a sus beneficios nutricionales y su capacidad para adaptarse a entornos contrastantes, incluidos suelos pobres en nutrientes y agroecosistemas marginales afectados por la sequía.</p>	Hinojosa et al., 2018
Chenopodium quinoa	10 y 20 ds/m ² de NaCl	-	-	<= 35 °C	<ul style="list-style-type: none"> -acumulación de iones de sal en el tejido. (ajusta el potencial hídrico de las hojas y limitar la transpiración en condiciones salinas) 	<p>Este cultivo presenta alta resiliencia climática asociada con una alta diversidad genética y adaptabilidad a diversos ambientes agroecológicos (suelos, precipitaciones, temperatura y altitud), tolerancia a heladas, sequía y salinidad</p>	Botir et al., 2021

					- sintetiza solutos inorgánicos		
Chenopodium quinoa	-	-	-8°C	38°C	-almacenamiento de agua -Biomasa radicular -solutos orgánicos	El cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa willd) es tolerante a la sequías, Espinoza, 2016 heladas y granizada de los andes.	
Chenopodium quinoa	-	200 a 2000 mm de precipitación anual	- 1° C	35 °C	-Biomasa radicular -La aparición de hojas jóvenes tienen pubescencias vesiculares formadas de oxalato de calcio que le brindan a la lámina foliar la facultad de	La quinua es reconocida por su diversidad genética y es resistente al estrés hídrico, a temperaturas que van de -1 °C a 35 °C y resistencia a diferentes rangos de fotoperíodo según las variedades.	Garcia y Plazas, 2018

					incrementar la humedad, intercediendo así en el comportamiento de las estomas.		
Chenopodium pallidicaule	-	100 a 200 mm de precipitación anual	-3°C	38°C	-compuestos antioxidantes - eficiencia fotosintética	La cañihua es una planta alimenticia tolerante al cambio climático, por su valor nutricional es considerada una de los mejores pseudo-cereales, así mismo son tolerantes a las sequías, heladas,	Benique,2019
Manihot sculenta	-	500 mm de precipitación anual	-	-	-capacidad de almacenamiento bajo tierra	La yuca tiene la capacidad para resistir las difíciles condiciones de cultivo y la capacidad de almacenamiento a largo	Amelework et al., 2021

						plazo bajo tierra la convierte en elástico cultivo, contribuyendo a la seguridad alimentaria y son resistentes a las sequías y altas temperaturas.	
Manihot sculenta	-	<700 mm de precipitación anual	-	-	-Biomasa radicular extensa y profundas	La yuca es famosa por su tolerancia a la sequía y resistencia en situaciones estresantes, se desempeña bien en áreas propensas a la sequía y en suelos pobres y, por lo tanto, la yuca se considera a menudo un importante cultivo de seguridad alimentaria siendo el cultivo menos afectado en comparación con otros importantes alimentos básicos.	Mupakati y Tanyanyiwa, 2017

Pennisetum glaucum	-	< 600 mm de precipitación anual *	-	42 °C	-Biomasa radicular profunda -Alta eficiencia fotosintética	Mijo Perla es un cultivo resistente al clima e importante, ya que minimiza los efectos del cambio climático y tiene el potencial de aumentar los ingresos y la seguridad alimentaria. Perla mijo puede sobrevivir en una amplia gama de condiciones ecológicas bajo escasez de agua.	Satyavathi et al., 2021; *Fischer et al., 2016
Pennisetum glaucum		< 600 mm de precipitación anual*	-	-	-Biomasa radicular extensa, que permite extraer agua y nutrientes de las capas más profundas del suelo.	El mijo perla puede soportar tanto el calor como la sequía, y es uno de los cereales básicos de varios países africanos y asiáticos	Dias et al., 2018; *Fischer et al., 2016

Panicum miliaceum L	-	200 a 500 mm de precipitación anual	-	-	-Baja tasa de transpiración -madurez rápida	El mijo de Proso (Panicum miliaceum L.) es un cultivo relativamente poco exigente y altamente resistente a la sequía.	Ventura, et al., 2020
Opuntia Ficus Indica	-	80 a 800 mm de precipitación anual*	-	-	-Metabolismo del ácido crasuláceo (CAM)	Cactus es una planta resistente a la sequía y tiene el potencial de mitigar el clima, el medio ambiente y asegurar los alimentos y piensos para humanos y animales respectivamente.	Hailu, 2020; *Homer et al., 2020
Opuntia Ficus Indica	-	600 a 800 mm de precipitación anual*	-	-	-Metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) para el intercambio gaseoso y la apertura estomática	La tuna [Opuntia ficus indica (L.) Mill.] Son resistentes a altas temperaturas y la sequía debido a su capacidad para crecer y reproducirse en escasas precipitaciones.	Iqbal et al., 2020; *Galicia et al., 2017

Hylocereus spp	-	-	-	-	-Metabolismo del ácido crasuláceo (CAM)	La Pitahaya tiene una propiedad fundamental y es su metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) debido a que tiene tolerancia a la sequía .	Verona et al., 2020
Hylocereus spp	-	650 a 1500 mm de precipitación anual	-	32 °C	-Biomasa radicular extensa y profunda -Baja tasa de transpiración*	La pitahaya requiere mínima cantidad de agua, son resistentes a la sequía y se adecuan a los diversos tipos de suelo como una opción para la reconversión de cultivos.	Osuna et al., 2016; *Montesinos et al., 2015
vigna subterranea	-	800 mm de precipitación anual	-	40.2°C	-capacidad de ajuste osmótico - Biomasa radicular - Aumenta la elasticidad de su pared celular	El Maní Bambara, es una leguminosa que desempeña sus funciones como fijador de nitrógeno y es resistente a la sequía.	Mayes, et al., 2019

Glycine max	-	179 mm precipitación anual*	-	37°C *	<ul style="list-style-type: none"> -Las copas de los árboles de soja protegen el suelo de la erosión recurrente -Fijan el nitrógeno atmosférico en el suelo -Los residuos de raíces en descomposición mejoran la fertilidad del suelo 	El cultivo de soja debido a sus niveles de resiliencia hace frente a la ocurrencia de sequías. abarca diversas condiciones climáticas y diferentes tipos de suelo lo que lo convierte en un cultivo versátil	Siamabele, 2021; * Battisti y Sentelhas., 2017
Cicer arietinum	-	600 a 1000 mm de precipitación anual*	-		<ul style="list-style-type: none"> -Biomasa radicular profunda -Tallos ramificados con glándulas excretoras -Hojas 	El cultivo del garbanzo tolera muy bien el estrés hídrico. Debido a esto el garbanzo contribuye a la disminución del efecto invernadero y combate el cambio climático, y aumentan la adsorción de	Vargas y Cárdenas, 2021; *Echeverría et al., 2019

					pseudo imparipinnadas -Foliolos aserrados glandulosos	carbono de la atmósfera por el proceso de la fotosíntesis, lo cual fija el nitrógeno en el y suelo.	
Cicer arietinum	-	600 a 1000 mm de precipitació n anual*	-	-	-Biomasa radicular -Fenología temprana -Área foliar pequeña con menor pérdida de agua por transpiración.	El garbanzo es un cultivo de leguminosas de estación fría que se cultiva principalmente con la humedad residual del suelo. Las altas temperaturas y la sequía terminal son comunes en diferentes regiones de producción de garbanzo con diferentes intensidades y frecuencias.	Devasirvatham, 2018; *Echeverría et al., 2019
Vigna unguiculata	-	300 mm de precipitació n anual	-	35°C	-Biomasa radicular	El caupí, Vigna unguiculata (L.), es una importante leguminosa de grano es una valiosa fuente de proteínas y es tolerante a la sequía en	Boukar, et al., 2019

						comparación con otros cultivos.	
Vigna unguiculata	-	1023 mm precipitación anual*	-	37°C a 40°C **	-Biomasa radicular -Conductancia estomática -Tasa de crecimiento reducida -Reducción del área foliar -Senescencia foliar retrasada -Ciclo reproductivo acelerado o retrasado -Ajuste osmótico y Removilización de humedad sensible a las hojas superiores y	El caupí es una leguminosa de grano originaria de África. Las principales características importantes de este cultivo incluyen una buena calidad de proteína con un alto valor nutricional, su capacidad de fijación de nitrógeno y la capacidad de ser más tolerante a la sequía y al calor que la mayoría de sus parientes leguminosas.	Carvalho et al., 2017; *Mohammed., 2021; **Gómez., 2017

					puntas de crecimiento		
Vigna unguiculata	-	188 mm de precipitación anual	-		-Cierre de las estomas cuando el agua en el suelo no es suficiente -La disminución de la tasas de transpiración y fotosintéticas.	El caupí es un cultivo con resistencia al estrés abiótico. Está adaptado a altas temperaturas (20 a 35 °C), tiene una resistencia inherente a la sequía, este puede adaptarse en una amplia gama de contexturas de suelo y con solo 188 mm de precipitación anual.	Pereira et al.,2020
Lablab purpureus L.	30 ds/m2 de NaCl	-	-	-	-Homeostasis iónica -Ajustes osmóticos - Fenología temprana y la arquitectura de dosel	El frijol jacinto (Lablab purpureus L.) se considera el más resistente a varios factores bióticos y abióticos entre las leguminosas, contiene características maravillosas para la producción de campo, como,	Naeem et al., 2020

						tolerancia a la sequía y al estrés por salinidad y está bien adaptado a ambientes secos.	
Phaseolus acutifolius	-	500 mm precipitación anual *	$\leq 3^{\circ} \text{C}^*$	32°C	-Detiene el ciclo celular. y sintetiza compuestos con potencial redox, así como trehalosa de disacárido que se ha asociado con la tolerancia al estrés abiótico	El frijol tepari (Phaseolus acutifolius A. Gray), nativo del desierto de Sonora, está muy adaptado al calor y la sequía, fuente de proteína leguminosa más importante para el consumo humano directo.	Moghaddam et al., 2021; * Molosiwa y Kgokong, 2018

Moringa oleifera	-	250–3000 mm de precipitaciones anuales	-1°C - 3°C	48°C	-Baja tasa de transpiración	La moringa oleifera puede adaptarse a las regiones afectadas por el cambio climático, ya que es un cultivo con una estupenda Resistencia a altas temperaturas.	Trigo et al., 2021
Moringa oleifera	-	250–1500 mm de precipitaciones anuales	-1°C - 3°C	38 a 48 °C	-Adsorción de carbono	La moringa es un árbol tolerante a la sequía que puede crecer bien en suelos pobres o en tierras marginales con lluvia mínima y donde todas las partes del árbol se utilizan para el consumo humano.	Sabina y Khuma, 2020

Moringa oleifera		250 mm de precipitación anual *		48 °C **	-Biomasa radicular	Moringa oleifera es un cultivo alimenticio muy valioso (es muy nutritivo, crece muy rápido y es resistente a la sequía) también puede desempeñar un papel importante para conservar las propiedades del suelo, el agua y mitigación del cambio climático	Daba, 2016; *Alvarado et al., 2020; **Domenech et al., 2017
------------------	--	---------------------------------	--	----------	--------------------	--	---

4.3. Importancia alimenticia de las especies resistentes al cambio climático

El objetivo fue determinar la importancia alimenticia de las especies resistentes al cambio climático. Las cuales fueron reconocidas con antelación como la *Chenopodium quinoa*, *Chenopodium pallidicaule*, *Manihot sculenta*, *Pennisetum glaucum*, *Panicum miliaceum* L, *Opuntia Ficus Indica*, *Hylocereus* spp., *vigna subterranea* (L.) verde, *Glycine max*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus* L., *Phaseolus acutifolius* y *Moringa oleifera*, para cada cultivo se dió a conocer su órgano comestible (Aguilar et al., 2019), su importancia alimenticia (García y Cuevas, 2021) y el sector de uso (Quelal et al., 2019).

Entre las especies que producen granos frescos y secos (57%) destacan; *Vigna subterranea*, con proteínas de alto contenido de lisina y metionina en el grano verde, y un elevado contenido de hierro (Mayes, et al., 2019), *Glycine max* con aporte de proteínas, minerales y grasas insaturadas (Siamabele, 2021), *Cicer arietinum* con un contenido importante de proteínas, almidón, lípidos sobre todo ácido oleico y linoleico (Vargas y Cárdenas, 2021; Devasirvatham, 2018), *Vigna unguiculata* con proteínas (23%), carbohidratos (56%), fibra (4%), calorías, minerales y vitaminas (Boukar, et al., 2019;Carvalho et al., 201; Pereira, et al.,2020), *Lablab purpureus* L. con proteínas, aminoácidos lisina y hierro, (Naeem et al., 2020), *Phaseolus acutifolius* con alto contenido de proteína vegetal (Moghaddam et al., 2021), *Pennisetum glaucum* son ricos en micronutrientes como hierro y zinc, contienen cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, lisina (Satyavathi et al., 2021; Díaz et al., 2018) y *Panicum miliaceum* L. Posee un elevado contenido de proteínas y micronutrientes (Ventura, et al., 2020).

Otras especies que poseen como órgano comestible a sus semillas fueron la *Chenopodium quinoa* con alto contenido de proteínas, aminoácidos (lisina, metionina, treonina), vitaminas, minerales, fibra y ausencia de gluten, (Jaikishun et al., 2019; Choukr et al., 2016; Ruiz et al., 2015; Bilalis et al., 2019; García et al., 2020; Hinojosa et al., 2018; Botir et al., 2021; Espinoza, 2016 y García y Plazas, 2018),*Chenopodium pallidicaule* con aporte de proteínas, aminoácidos, vitamina, fibra y minerales (Benique,2019).

Las especies que tienen a sus frutos como órgano de consumo (14%) destacan la *Opuntia Ficus Indica* contiene carbohidratos, minerales, vitaminas, betacaroteno, antioxidantes (betanina e isobetanina), ácido ascórbico, pectina y mucílago (Hailu, 2020 y Iqbal, et al., 2020) y la *Hylocereus* spp. que contiene proteína cruda, fibra cruda, minerales esenciales como potasio y zinc, glucosa, betalaínas, vitaminas, ácidos orgánicos, fibra soluble dietética y fitoalbúminas (Verona et al., 2020 y *Montesinos et al., 2015)

Otras en menor porcentaje como la especie *Manihot sculenta* de la cual se consumen sus raíces gracias a su alto contenido de carbohidratos, vitamina C en especial tiamina, riboflavina y niacina (Amelework et al., 2021; Mupakati y Tanyanyiwa, 2017), y de la *Moringa oleifera* se aprovechan sus hojas, vainas, semillas, raíces y flores puesto que es rica en nutrientes, minerales, fibra, vitaminas, proteínas, ácidos grasos insaturados y esenciales especialmente en ácido oleico (Trigo et al., 2021; Sabina y Khuma, 2020 y Daba, 2016).

Lo reportado por Zinabu (2020), señala la importancia de los recursos naturales con capacidad de tolerancia al cambio climático dentro de la seguridad alimentaria considerados alimentos del futuro, debido a su valor nutritivo, su accesibilidad y su adaptabilidad al cambio climático; a lo que los resultados confirmaron un punto importante de estos cultivos referente a su utilidad alimenticia debido a que son fuente de vitaminas, proteínas, aminoácidos, minerales, carbohidratos, fibra, micronutrientes y ácidos esenciales para la ingesta diaria en el consumo humano. Sin embargo, se presenció en mayor parte de especies que tienen como órgano comestible a sus granos ya sean frescos o secos, esto debido a que son especies pertenecientes al tipo de leguminosa y cereal que previamente se han reportado en la tabla 1.

Las variadas especies no solo tienen la capacidad de encontrarse en el sector alimenticio proveyendo seguridad alimentaria a la población sino que también son cultivos importantes para la alimentación de los animales dado a sus altos aportes nutritivos (Baginsky y Ramos, 2018) a través del forraje o pienso, además cada cultivo tiene una importancia significativa en el juego un rol considerable al ser aplicados en el sector industrial, sector medicinal y sector

comercial (Devkota y Bhusal., (2020), cada uno de estos sectores aportan un beneficio económico.

Es importante conocer las características alimenticias de estas especies, ya que es esencial para el consumo alimenticio y base fundamental para el bienestar y salud humana (Peñarrieta, J. et al, 2008 citado por Benique, 2019), pueden ser consideradas para asegurar la seguridad alimentaria ante las variaciones climáticas (García y Cuevas, 2021) y empleadas en varios sectores.

Tabla 5. Importancia alimenticia de las especies resistentes al cambio climático

Especie	órgano comestible	Importancia alimenticia	sector de uso	Referencia
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Jaikishun et al., 2019
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano y animal)	Choukr et al., 2016
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Ruiz et al., 2015
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano y animal), Sector industrial (jabones, detergentes, champús, cerveza y cosméticos) y como suplementos de quimioterapia.	Bilalis et al., 2019
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Garcia et al., 2020
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Hinojosa et al., 2018

Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Botir et al., 2021
Chenopodium quinoa	Semillas	Proteínas, aminoácidos(lisina, metionina, treonina)	Sector alimenticio (humano)	Espinoza, 2016
Chenopodium quinoa	Semillas	proteína, disponibilidad de todos los aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, fibra y ausencia de gluten	Sector alimenticio (humano y animal) y sector industrial	Garcia y Plazas, 2018
Chenopodium pallidicaule	Semillas	proteína, aminoácidos, vitaminas, fibra y minerales	Sector alimenticio (humano)	Benique,2019
Manihot sculenta	Raíz	carbohidratos, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina	Sector alimentario (humano) y sector industrial (producción de bioetanol y pienso para animales)	Amelework et al., 2021
Manihot sculenta	Raíz	carbohidratos, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina	Sector alimenticio (Humano y animal) y Sector industrial (almidón, glucosa y alcohol)	Mupakati y Tanyanyiwa, 2017
Pennisetum glaucum	Grano	rico en micronutrientes como hierro y zinc	Sector alimenticio (humano)	Satyavathi et al., 2021

Panicum miliaceum L.	Grano	Proteínas y micronutrientes	Sector alimenticio (humano)	Ventura, et al., 2020
Pennisetum glaucum	Grano	Aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina y lisina)	Sector alimenticio (consumo humano y animal)	Dias et al., 2018
Opuntia Ficus Indica	Fruto	Carbohidratos, minerales y vitaminas	sector alimenticio (consumo humano y animal) y sector farmacéutico,	Hailu, 2020
Opuntia Ficus Indica	Fruto	Betacaroteno, Antioxidante (betanina e isobetanina), Ácido ascórbico, Pectina y mucílago.	Sector alimenticio (consumo humano y animal), sector farmacéutico, sector industrial	Iqbal et al., 2020
Hylocereus spp.	Fruto	Glucosa, betalaínas, vitaminas, ácidos orgánicos, fibra soluble dietética, fitoalbúminas y minerales NATHconstituyentes	Sector alimenticio (humano y animal), sector comercial y medicinal	Verona et al., 2020
Hylocereus spp.	Fruto	Proteína cruda de 14,84 g, 21,50 g de fibra cruda y 39,94 g de minerales esenciales (K (4,82 mg kg ⁻¹) y Zn (34,02 mg kg ⁻¹)*)	Sector alimenticio (para consumo humano y animal) y sector industrial	Osuna et al., 2016; *Montesinos et al., 2015
vigna subterranea	Grano	proteína con alto contenido de lisina y metionina, y alto contenido de hierro	Sector alimenticio (humano y animal)	Mayes, et al., 2019

Glycine max	Grano	Proteínas, minerales y con grasas insaturadas	Sector alimentario y sector industrial	Siamabele, 2021
Cicer arietinum	Grano seco	Proteínas, almidón y lípidos, sobre todo en ácido oleico y linoleico	Sector alimenticio (humano y animal)	Vargas y Cárdenas, 2021
Cicer arietinum	Grano seco	Proteínas, ácido oleico	Sector alimenticio (humano)	Devasirvatham, (2018)
Vigna unguiculata	Grano seco	Proteínas (23%), carbohidratos (56%), fibra (4%) y calorías, así como minerales y vitaminas	Sector alimenticio (humano y animal)	Boukar, et al., 2019
Vigna unguiculata	Grano seco	Proteínas (23%), carbohidratos (56%), fibra (4%) y calorías, así como minerales y vitaminas	Sector alimenticio (humano)	Carvalho et al., 2017
Vigna unguiculata	Grano seco	Proteínas (23%), carbohidratos (56%), fibra (4%) y calorías, así como minerales y vitaminas	Sector alimenticio (humano)	Pereira, et al.,2020
Lablab purpureus L.	Grano y vainas	Proteína, aminoácidos (lisina), hierro	Sector alimenticio (humano y animal) y sector medicinal	Naeem et al., 2020
Phaseolus acutifolius	Grano	Proteína vegetal	Sector alimenticio (humano y animal)	Moghaddam et al., 2021

Moringa oleifera	Hojas, vainas, semillas, raíces y flores	Ácidos grasos insaturados y esenciales, especialmente ácido oleico	Sector alimenticio (humano), sector medicinal e industrial	Trigo et al., 2021
Moringa oleifera		Proteínas, nutrientes y minerales	Sector alimenticio (humano y animal), sector industrial (producción de biomasa, productos de limpieza, fertilizantes) y sector medicinal	Sabina y Khuma, 2020
Moringa oleifera		Rico en nutrientes, minerales, fibra, vitaminas y proteínas	Sector alimenticio (humano), sector medicinal y sector industrial.	Daba, 2016

V. CONCLUSIONES

Las especies de cultivos alimenticios resistentes al cambio climático son *Chenopodium quinoa*, *Chenopodium pallidicaule*, *Manihot sculenta*, *Pennisetum glaucum*, *Panicum miliaceum* L. , *Opuntia Ficus Indica*, *Hylocereus* spp., *Vigna subterranea*, *Glycine max*, *Cicer arietinum*, *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus* L., *Phaseolus acutifolius* y *Moringa oleifera*.

Los tipos de resistencia de los cultivos a los efectos adversos del cambio climático se han asociado a resistencias como la sequía, la salinidad, las altas temperaturas y las heladas; sobre los mecanismos que permiten a estas especies resistir a los efectos adversos se puede mencionar a la biomasa radicular, la eficiencia del sistema fotosintético, la baja tasa de transpiración, la disminución de la conductancia estomática, la capacidad del ajuste osmótico, la fenología temprana o madurez rápida, acumulación de solutos orgánicos, el metabolismo de ácido crasuláceo, la tasa de crecimiento reducida o regulación del crecimiento, el metabolismos de los carbohidratos y defensa antioxidante.

La importancia alimenticia de las especies resistentes al cambio climático radica en que muchas de estas especies presentan riqueza en proteínas y componentes secundarios con capacidad antioxidante entre otros beneficios para la salud humana, elementos que a su vez le confiere resistencia y resultan benéficos en la dieta alimenticia.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda fomentar una agricultura resiliente al cambio climático a través de la producción de especies resistentes a los efectos adversos del cambio climático, enfocados en asegurar la seguridad alimentaria.

2. Se recomienda desarrollar programas de mejora en donde se suministren especies adaptadas a situaciones estresantes en la actualidad y a futuro.

REFERENCIAS

1. Acevedo, M., Pixley, K., Zinyengere, N., Meng, S., Tufan, H., Cichy, K., Bizikova, L., Isaacs, K., Ghezzi-Kopel, K., & Porciello, J. (2020). A scoping review of adoption of climate-resilient crops by small-scale producers in low- and middle-income countries. *Nature Plants*, 6(10), 1231–1241. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00783-z>
2. Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7–24. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95471>
3. Alvarado Ramírez, Edwin R., Garay Martínez, Jonathan R., Estrada Drouaillet, Benigno, Martínez González, Juan C., Rojas García, Adelaido R., & Joaquín Cancino, Santiago. (2020). Variación morfológica en *Moringa oleifera* Lam. a diferentes densidades de población. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(spe24), 165-176. Epub 07 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2367>
4. Ambroise, V., Legay, S., Guerriero, G., Hausman, J. F., Cuypers, A., & Sergeant, K. (2020). The Roots of Plant Frost Hardiness and Tolerance. *Plant & cell physiology*, 61(1), 3–20. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz196>
5. Amelework, A. B., Bairu, M. W., Maema, O., Venter, S. L., & Laing, M. (2021). Adoption and promotion of resilient crops for climate risk mitigation and import substitution: A case analysis of cassava for south african agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5 doi:10.3389/fsufs.2021.617783
6. Antonelli, et al. (2021). State of the World's Plants and Fungi 2020. [online] Royal Botanic Gardens, Kew research repository. Available at: <<https://doi.org/10.34885/172>> [Accessed 17 July 2021].
7. Antonelli, Alexandre & Fry, C. & Smith, Rhian & Simmonds, M. & Kersey, P. & Pritchard, Hugh & Abbo, M. & Acedo, Carmen & Adams, Jessica & Ainsworth, Antony & Allkin, B. & Annecke, W. & Bachman, Steven & Bacon, K. & Bárrios, Sara & Barstow, C. & Battison, A. & Bell, Elizabeth & Bensusan, K. & Zhang, Bengang. (2020). State of the World's Plants and Fungi 2020. Royal Botanic Gardens, Kew. 10.34885/172.

8. Arteaga, S. (2021). Cultivos para el cambio climático selección y caracterización de variedades de judía (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Phaseolus lunatus* tolerantes a la sequía y salinidad (Tesis doctoral). Recuperada de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/168450/Arteaga_Castillo_S_ujenith_Margarita_Tesis.pdf?sequence=6&isAllowed=y
9. Baginsky G, Cecilia, & Ramos C., Luz. (2018). Situación de las legumbres en Chile: Una mirada agronómica. *Revista chilena de nutrición*, 45(Supl. 1), 21-31. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000200021>
10. Balfagón, D., Zandalinas, S. I., Mittler, R., & Gómez-Cadenas, A. (2020). High temperatures modify plant responses to abiotic stress conditions. *Physiologia Plantarum*, 170(3), 335-344.
11. Battisti, R., & Sentelhas, P. C. (2017). Improvement of soybean resilience to drought through deep root system in Brazil. *Agronomy Journal*, 109(4), 1612-1622.
12. Belloni, M. (2017). *Resiliencia de los sistemas agroecológicos ante el cambio climático* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de la Matanza, Argentina).
13. Benique Olivera, E. (2019). Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región-Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2)100.doi.org/10.18271/ria.2019.454
14. Bianco, Luciana, & Cenzano, Ana M.. (2018). Leguminosas nativas: estrategias adaptativas y capacidad para la fijación biológica de nitrógeno. Implicancia ecológica. *Idesia (Arica)*, 36(4), 71-80. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-342920180005002601>
15. Bilalis, D. J., Roussis, I., Kakabouki, I., & Folina, A. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) crop under Mediterranean conditions: a review. *Ciencia e investigación agraria*, 46(2), 51–68. <https://doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2151>
16. Boicet-Fabre, Tony, Baldaquín-Hernández, Michel, Boudet-Antomarchi, Ana D., Merino-Hernández, Yanitza, Alarcón-Zayas, Alejandro, & Almarales-Frías, Wilmer. (2018). Evaluación de diferentes índices de tolerancia a la sequía basado en análisis multivariados. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 61-67. Recuperado en 06 de noviembre de 2021, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100007&lng=es&tlng=es.

17. Botir Khaitov, Aziz A. Karimov, Kristina Toderich, Zulfiya Sultanova, Azimjon Mamadrahimov, Kholik Allanov & Sokhib Islamov (2021) Adaptation, grain yield and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*) genotypes in marginal environments of the Aral Sea basin, *Journal of Plant Nutrition*, 44:9, 1365-1379, DOI: 10.1080/01904167.2020.1862200
18. Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S., Togola, A., Batiemo, J., Owusu, E., . . . Fatokun, C. (2019). Cowpea (*vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding*, 138(4), 415-424. doi:10.1111/pbr.12589
19. Cadenas, D. M. R. (2016). El rigor en la investigación cualitativa: técnicas de análisis, credibilidad, transferibilidad y confirmabilidad. *Sinopsis Educativa. Revista venezolana de investigación*, 7(1), 17-26.
20. Cadet-Díaz, Sheila, & Guerrero-Escobar, Santiago. (2018). Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(3), 311-337. Recuperado en 01 de noviembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000300311&lng=es&tlng=es.
21. Carhuancho Mendoza, I. M., Sicheri Monteverde, L., Nolzco Labajos, F. A., Guerrero Bejarano, M. A., Casana Jara, K. M. (2019). Metodología de la investigación holística. UIDE. Guayaquil. Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3893>
22. Carvalho, M., Lino-Neto, T., Rosa, E., & Carnide, V. (2017). Cowpea: a legume crop for a challenging environment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(13), 4273-4284. doi.org/10.1002/jsfa.8250
23. Choukr-Allah, R., Rao, NK, Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A., Toderich, K., ... y Butt, KUR (2016). Quinoa para ambientes marginales: hacia la seguridad alimentaria y nutricional futura en las regiones MENA y Asia Central. *Frontiers in Plant Science*, 7, 346. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00346>
24. Chavarry, M. (2016). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de familias ganaderas de la ecorregión Jalca en Cajamarca (Tesis para optar

el grado de Magister Scientiae). Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2480/chavarr-y-rios-maricela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

25. Chaves-Barrantes, N. F., Gutiérrez-Soto, M. V. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 255-271.
26. Chaves-Barrantes, N. F., & Gutiérrez-Soto, M. V. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>
27. Chito Trujillo, Diana Maria, Ortega Bonilla, Rubén Andrés, Ahumada Mamián, Andrés Felipe, Rosero López, Brandón. (2017). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) versus soja (*Glycine max* [L.] Merr.) en la nutrición humana: revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(2), 184-198. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.21.2.256>
28. Cotler, Helena, & Martínez, Mario, & Etchevers, Jorge D. (2016). CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS AGRÍCOLAS DE MÉXICO: INVESTIGACIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 125-138.. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57344471009>
29. Daba, M. (2016). Miracle tree: A review on multi-purposes of *Moringa oleifera* and its implication for climate change mitigation. *J. Earth Sci. Clim. Change*, 7(4)..DOI: 10.4172/2157-7617.1000366
30. Dar, N. A., Amin, I., Wani, W., Wani, S. A., Shikari, A. B., Wani, S. H., & Masoodi, K. Z. (2017). Abscisic acid: A key regulator of abiotic stress tolerance in plants. *Plant Gene*, 11, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2017.07.003>
31. Dražić, SB, Ječmenica, MN, Majstorović, HJ, Zagorac, Đ. P., Filiposki, KB, & Risteski.(2018) IP Rendimiento de grano y características nutricionales de especies de quinua introducida (*Chenopodium Quinoa willd.*)
32. Dhankher, O. P., & Foyer, C. H. (2018). Climate resilient crops for improving global food security and safety. *Plant Cell and Environment*, 41(5), 877-884. doi:10.1111/pce.13207

33. Devkota, S., & Bhusal, K. K. (2020). Moringa oleifera: A miracle multipurpose tree for agroforestry and climate change mitigation from the Himalayas—A review. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1805951.
34. Devasirvatham, V. y Tan, D. (2018). Impacto de las altas temperaturas y el estrés por sequía en la producción de garbanzos. *Agronomía*, 8 (8), 145. doi: 10.3390 / agronomy8080145
35. Dias-Martins, A. M., Pessanha, K. L. F., Pacheco, S., Rodrigues, J. A. S., & Carvalho, C. W. P. (2018). Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. *Food research international*, 109, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.023>
36. Doménech Asensi, Guillermo, Durango Villadiego, Alba Manuela, & Ros Berruezo, Gaspar. (2017). Moringa oleifera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 86-97. Recuperado en 18 de octubre de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200003&lng=es&tlng=es.
37. Echevarría, Anayza, Triana, Ariel, Rivero, Deyanira, Rodríguez, Ariel, & Martínez, Benedicto. (2019). Generalidades del cultivo de garbanzo y alternativa biológica para el control de la marchitez. *Cultivos Tropicales*, 40(4), e10. Epub 01 de diciembre de 2019. Recuperado en 08 de octubre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000400010&lng=es&tlng=es.
38. Escudero Sánchez, C y Cortez Suárez, L.(2017). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica [en línea]. UTMACH.ISBN: 978-9942-24-092-7
39. Espinoza Montesinos, E. A. (2016). Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 19(37). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i37.12950>
40. Fischer, H. W., Reddy, N. L. N., & Rao, M. L. S. (2016). Can more drought resistant crops promote more climate secure agriculture? prospects and

- challenges of millet cultivation in ananthapur, andhra pradesh. *World Development Perspectives*, 2, 5-10. doi:10.1016/j.wdp.2016.06.005
41. FAO. 2018. Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá. 292 páginas.
 42. Galicia-Villanueva, Silvia, & Escamilla-García, Pablo Emilio, & Alvarado-Raya, Horacio, & Aquino-González, Laura Victoria, & Serna-Álvarez, Hugo, & Hernández-Cruz, Leslie Monserrat (2017). Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5),1087-1099.[fecha de Consulta 7 de Octubre de 2021]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263152411007>
 43. García-Parra, Miguel Ángel, & Plazas-Leguizamón, Nubia Zoraida. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los sistemas de producción agraria. *Producción + Limpia*, 13(1), 112-119. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a6>
 44. García-Parra, Miguel, Zurita-Silva, Andrés, Stechauner-Rohringer, Roman, Roa-Acosta, Diego, & Jacobsen, Sven-Erik. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its relationship with agroclimatic characteristics: A Colombian perspective. *Chilean journal of agricultural research*, 80(2), 290-302. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000200290>
 45. Gómez-Padilla, E., Ruiz-Díez, B., Fajardo, S., Eichler-Loebermann, B., Samson, R., Van-Damme, P., ... & Fernández-Pascual, M. (2017). Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol caupí, en suelos salinos de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 39-49
 46. Grusson, Y., Wesström, I., & Joel, A. (2021). Impact of climate change on swedish agriculture: Growing season rain deficit and irrigation need. *Agricultural Water Management*, 251 doi: 10.1016/j.agwat.2021.106858
 47. Guitérrez, Erick, & Trejo, Irma. (2014). Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(1), 179-188. <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>

48. Hailu, Zinabu. (2020). Cactus (*Opuntia Ficus Indica*) and its role in poverty reduction and achievements of goals of the Ethiopian green economy: A review. *International Journal of Botany Studies*, Volume 5; Issue 3; 2020; Page No. 447-451. ISSN: 2455-541X
49. Hernández-Mansilla, Alexis Augusto, Sorí-Gómez, Rogert, Valentín-Pérez, Yadira, López-Mayea, Aliana, Córdova-García, Orlando, & Benedico-Rodríguez, Oscar. (2016). *Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) y seguridad alimentaria. Escenarios bioclimáticos en bananos bajo efecto del cambio climático en Ciego de Ávila, Cuba*. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 59-70. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200003&lng=es&tlng=es.
50. HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria. *Metodología de la Investigación [en línea]*. 6. a ed. México: Interamericana Editores S.A. ,2014. [fecha de consulta: 23 de junio de 2020]. Disponible en: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf ISBN: 978-1-4562-2396-0
51. Hinojosa, L., González, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., & Murphy, K. (2018). Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. *Plants*, 7(4), 106. <https://doi.org/10.3390/plants7040106>
52. Homer, Ian, Varnero, Maria Teresa, & Bedregal, Camila. (2020). Nopal (*Opuntia ficus-indica*) energetic potential cultivated in arid and semi-arid zones of chile: an assessment. *Idesia (Arica)*, 38(2), 119-127. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000200119>
53. Huachi, Laura, & Yugsi, Elizabeth, & Paredes, María Fernanda, & Coronel, Daniel, & Verdugo, Karla, & Coba Santamaría, Pablo (2015). DESARROLLO DE LA PITAHAYA (*Cereus SP.*) EN ECUADOR. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2),50-58.[fecha de Consulta 14 de Octubre de 2021]. ISSN: 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047267005>
54. Huamán-Carrión, Mary L., Espinoza-Montes, Francisco, Barrial-Lujan, Abel I., & Ponce-Atencio, Yalmar. (2021). Influencia de la altitud y

- características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 83-90. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>
55. Inda-Romero, F. J., Arrieta-Ramos, B. G., Can-Chulím, Á., Bugarín-Montoya, R., & Alejo-Santiago, G. (2020). Crecimiento de cultivares de guayabo en condiciones de estrés por salinidad. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(2), 161-169.
 56. Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., & Song, S. (2019). Quinoa: In perspective of global challenges. *Agronomy*, 9(4) doi:10.3390/agronomy9040176
 57. Jørgensen, S. L., & Termansen, M. (2016). Linking climate change perceptions to adaptation and mitigation action. *Climatic Change*, 138(1-2), 283-296. doi:10.1007/s10584-016-1718-x
 58. Lei Xu, Nengcheng Chen, Chao Yang, Chong Zhang, Hongchu Yu. A parametric multivariate drought index for drought monitoring and assessment under climate change, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 310, 2021, 108657, ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108657>.
 59. Li Wang, Xue Zhang, Yuhua Ma, Yonghua Qing, Huicong Wang & Xuming Huang (2019) The highly drought-tolerant pitaya (*Hylocereus undatus*) is a non-facultative CAM plant under both well-watered and drought conditions, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94:5, 643-652, DOI: 10.1080/14620316.2019.1595747
 60. López Feldman, Alejandro J., Hernández Cortés, Danae. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.áfrica>. *Social Sciences*, 6(1) doi:10.3390/socsci6010030
 61. López-Ortega, María Guadalupe, Martínez-Velázquez, Mauricio, Hernández-Guzmán, Filogonio Jesús, Mata-Espinosa, Miguel Ángel, & Rojas-García, Adelaido Rafael. (2018). Rendimiento y calidad de semilla de 'mijo Perla' con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1514-1523. Epub 30 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1677>

62. López, D. B. S., Pazos, J. V. P., Hinestroza, H. A. D. (2016). Efecto de las PGPB sobre el crecimiento *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de estrés salino. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 65-72.
63. Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C. B., & Knowlton, N. (2020). Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 375(1794), 20190104. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>
64. MartínezNuñez, M., Vera Hernandez, P., Ruiz Rivas, M., Villalobos Lopez, M., Arroyo Becerra, A., Luna Suarez, S., & Rosas Cardenas, F. (2018). Resistencia y tolerancia a estrés abiótico: Mecanismos sofisticados de adaptación de las plantas ante distintas condiciones de estrés. Puerta de la investigación., recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Vera-Hernandez2/publication/324482888_Resistencia_y_tolerancia_a_estres_abiotico_Mecanismos_sofisticados_de_adaptacion_de_las_plantas_plantas_ante_distintas_de_las_plantas_ante_distintas_de_las_las_plantas_ante_distintas_de_de_las_plantas_de_distintas_de_de_es/publicaciones_de-adaptacion-de-las-plantas-ante-distintas-condiciones-de-estres.pdf.
65. Mayes, S., Ho, W. K., Chai, H. H., Gao, X., Kundy, A. C., Mateva, K. I., Zahurulakmal, M., Hahiree, M., Kendabie, P., Licea, L., Massawe, F., Mabhaudhi, T., Modi, A. T., Berchie, J. N., Amoah, S., Faloye, B., Abberton, M., Olaniyi, O., & Azam-Ali, S. N. (2019). Bambara groundnut: an exemplar underutilised legume for resilience under climate change. *Planta*, 250(3), 803–820. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03191-6>
66. Medina, Ricardo Daniel, & Burgos, Angela María, & Michellod, Miguel, & Cenóz, Pedro Jorge (2017). CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) EN INVERNADERO: EFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE RAÍCES TUBEROSAS. *Interciencia*, 42(8),515-521.[fecha de Consulta 8 de Octubre de 2021]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33952871006>

67. Méndez-Espinoza, Claudia, & Vallejo Reyna, Miguel Ángel. (2019). Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 33-64. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.567>
68. Miladinović, D., Hladni, N., Radanović, A., Jocić, S., & Cvejić, S. (2019). Sunflower and climate change: Possibilities of adaptation through breeding and genomic selection. *Genomic designing of climate-smart oilseed crops* (pp. 173-238) doi:10.1007/978-3-319-93536-2_4 Retrieved from www.scopus.com
69. Minde, J. J., Venkataramana, P. B., & Matemu, A. O. (2020). Dolichos Lablab-an underutilized crop with future potentials for food and nutrition security: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–13. doi:10.1080/10408398.2020.1775173
70. Miranzo, Mónica, & del Río, Carlos (2015). LAS CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MAGREB. *Revista UNISCI*, (39),127-150.[fecha de Consulta 6 de Noviembre de 2021]. ISSN: 2386-9453. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76742310005>
- Mohammed, I., Alawa, DA, Mshelia, JS, Betiang, JA, Azu, SB y Stephanie, S. (2021). Efecto de la variación climática sobre el rendimiento del caupí (*Vigna unguiculata*). *Revista Africana de Investigación Agrícola* , 17 (3), 456-462.
71. Montesinos, E. A. E. (2016). Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 19(37).<https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i37.12950>
72. Montesinos Cruz, Josefina A., & Rodríguez-Larramendi, Luis, & Ortiz-Pérez, Rodobaldo, & Fonseca-Flores, María de los Á., & Ruíz Herrera, Giovanni, & Guevara-Hernández, Francisco (2015). PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) UN RECURSO FITOGENÉTICO CON HISTORIA Y FUTURO PARA EL TRÓPICO SECO MEXICANO. *Cultivos Tropicales*, 36(),67-76.[fecha de Consulta 18 de Octubre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640007>

73. Moghaddam, S. M., Oladzad, A., Koh, C., Ramsay, L., Hart, J. P., Mamidi, S., Hoopes, G., Sreedasyam, A., Wiersma, A., Zhao, D., Grimwood, J., Hamilton, J. P., Jenkins, J., Vaillancourt, B., Wood, J. C., Schmutz, J., Kagale, S., Porch, T., Bett, K. E., Buell, C. R., ... McClean, P. E. (2021). The tepary bean genome provides insight into evolution and domestication under heat stress. *Nature communications*, 12(1), 2638. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22858-x>
74. Molosiwa, OO y Kgokong, SB (2018). Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento del frijol tepari y los componentes del rendimiento sembrados en el sur de Botswana. *Revista Africana de Investigación Agrícola* , 13 (4), 137-143.
75. Morales-Casco, L. A., Zúniga-González, C. A. (2016). Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 269-291.
76. Mupakati, Tambudzai, & Tanyanyiwa, Vincent I.. (2017). Cassava production as a climate change adaptation strategy in Chilonga Ward, Chiredzi District, Zimbabwe. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, 9(1), 1-10. <https://dx.doi.org/10.4102/jamba.v9i1.348>
77. Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual review of public health*, 38, 259–277. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>
78. Naeem, M., Shabbir, A., Ansari, A. A., Aftab, T., Khan, M. M. A., & Uddin, M. (2020). Hyacinth bean (*Lablab purpureus* L.)—an underutilised crop with future potential. *Scientia Horticulturae*, 272, 109551. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109551>
79. Nicholls, Altieri. Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Cuadernos de Investigación UNED [online]. 2019, vol.11, n.1, pp.55-61. ISSN 1659-4266.
80. Ndlovu, E., Prinsloo, B., & le Roux, T. (2020). Impact of climate change and variability on traditional farming systems: Farmers' perceptions from south-west, semi-arid Zimbabwe. *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*, 12(1), 742. doi.org/10.4102/jamba.v12i1.742

81. Nguyen, N., & Drakou, E. G. (2021). Farmers' intention to adopt sustainable agriculture hinges on climate awareness: The case of Vietnamese coffee. *Journal of Cleaner Production*, 303 doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126828
82. Numan, M., Serba, D. D., & Ligaba-Osena, A. (2021). Alternative strategies for multi-stress tolerance and yield improvement in millets. *Genes*, 12(5) doi:10.3390/genes12050739
83. Oliveira Figueiredo, G. (2015). Investigación Acción Participativa: una alternativa para la epistemología social en Latinoamérica. *Revista de investigación*, 39(86), 271-290.
84. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: En su día olvidados, estos cultivos tradicionales son nuestra nueva esperanza. (2021). Retrieved 17 July 2021, Recuperado de: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1155321/>
85. Ortiz, T. A., & Takahashi, L. S. A. (2020). Quality of fruits of pitaya (*Hylocereus undatus* [Haworth] Britton & Rose) according to physiological maturity. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1). <https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i1.8422>
86. Osuna-Enciso, Tomás, Valdez-Torres, José B., Sañudo-Barajas, Josefa A., Muy-Rangel, Ma. Dolores, Hernández-Verdugo, Sergio, Villarreal-Romero, Manuel, & Osuna-Rodríguez, José M.. (2016). Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 50(1), 61-78. Recuperado en 15 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000100061&lng=es&tlng=es
87. Pereira, S., Singh, S., Oliveira, R. S., Ferreira, L., Rosa, E., & Marques, G. (2020). Co-inoculation with rhizobia and mycorrhizal fungi increases yield and crude protein content of cowpea (*vigna unguiculata* (L.) walp.) under drought stress. *Landbauforschung*, 70(2), 56-65. doi:10.3220/LBF1607613362000
88. Prasad, R., Kumar, S., Yadav, A. K., Kumar, S., Kumar, M., Singh, R., & Kumar, N. (2017). Impacts of climate change on agriculture: Adaptation,

- mitigation, and environmental policy. Plant adaptation strategies in changing environment (pp. 329-345) doi:10.1007/978-981-10-6744-0_14
90. Pulido Madrigal, Leonardo. (2016). Cambio climático, ensalitramiento de suelos y producción agrícola en áreas de riego. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 207-218. Recuperado en 11 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000200207&lng=es&tlng=es
 91. Quelal, M., Nazate, K., Villacrés, E., & Cuarán, J. (2019). Obtención y caracterización de un hidrolizado proteico de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. *Enfoque UTE*, 10(2), 79-89.
 92. Ramírez, Claudia Veloza, Romero Guerrero, Gladys, & Gómez Piedras, John Jairo. (2016). RESPUESTA MORFOAGRONÓMICA Y CALIDAD EN PROTEÍNA DE TRES ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN LA SABANA NORTE DE BOGOTÁ. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 325-332. Retrieved November 05, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000200009&lng=en&tlng=es.
 93. Ramirez Suarez, W., & Hernandez Olivera, L. (2016). Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Redalyc.org. Retrieved 8 November 2021, from <https://www.redalyc.org/journal/2691/269149518001/html/>.
 94. Rey, D., Holman, I. P., & Knox, J. W. (2017). Developing drought resilience in irrigated agriculture in the face of increasing water scarcity. *Regional environmental change*, 17(5), 1527–1540. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1116-6>
 95. Ríos-Castillo, Israel, Acosta, Elaine, Samudio-Núñez, Enrique, Hruska, Allan, & Gregolin, Adriana. (2018). Beneficios Nutricionales, Agroecológicos y Comerciales de las Legumbres. *Revista chilena de nutrición*, 45(Supl. 1), 8-13. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000200008>
 96. Rosenzweig, C., & Tubiello, F. N. (2007). Adaptation and mitigation strategies in agriculture: An analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 855-873. doi:10.1007/s11027-007-9103-8

97. Ruiz, K. B., Biondi, S., Martínez, E. A., Orsini, F., Antognoni, F., & Jacobsen, S. E. (2015). Quinoa – a Model Crop for Understanding Salt-tolerance Mechanisms in Halophytes. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(2), 357–371. <https://doi.org/10.1080/11263504.2015.1027317>
98. Sabina Devkota & Khuma Kumari Bhusal | Fatih Yildiz (Reviewing editor) (2020) *Moringa oleifera: A miracle multipurpose tree for agroforestry and climate change mitigation from the Himalayas – A review*, *Cogent Food & Agriculture*, 6:1, DOI: 10.1080/23311932.2020.1805951
99. Saha, G., Mostofa, M. G., Rahman, M. M., & Tran, L. S. P. (2021). Silicon-mediated heat tolerance in higher plants: A mechanistic outlook. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 341–347. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.051>
100. Satyavathi, C. T., Ambawat, S., Khandelwal, V., & Srivastava, R. K. (2021). Pearl millet: A climate-resilient nutricereal for mitigating hidden hunger and provide nutritional security. *Frontiers in Plant Science*, 12 doi:10.3389/fpls.2021.659938
101. Siamabele, B. (2021). The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1933745. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1933745>
102. Sobrido Prieto, M., Rumbo-Prieto, J. M. (2018). *La revisión sistemática: pluralidad de enfoques y metodologías. Enfermería Clínica*. doi:10.1016/j.enfi.2018.08.008
103. Stennett-Brown, RK, Stephenson, TS y Taylor, MA (2019). Vulnerability to Climate Change in the Caribbean: Lessons from an Aggregate Index Approach. *PloS uno*, 14 (7), e0219250. doi.org/10.1371/journal.pone.0219250
104. Schumacher, R. Lluvias intensas e inundaciones repentinas. *Enciclopedia de investigación de Oxford de la ciencia de los peligros naturales*. Obtenido el 9 de octubre de 2021, de <https://oxfordre.com/naturalhazardscience/view/10.1093/acrefore/978019389407.001.0001/acrefore-9780199389407-e-132>
105. Trigo, C., Castelló, M. L., Ortolá, M. D., García-Mares, F. J., & Soriano, M. D. (2021). *Moringa oleifera: An unknown crop in developed countries with*

- great potential for industry and adapted to climate change. *Foods*, 10(1) doi:10.3390/foods10010031
106. Varela Ruiz, M., & Vives Varela, T. (2016). Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en educación médica*, 5(19), 191-198.
 107. Vargas-Blandino, D., Cárdenas-Travieso, R. M., & San José de las Lajas, M. (2021). Chickpea cultivation, a possible solution to climate change. *Cultivos Tropicales*, 42(1),.DOI: <https://doi.org/10.1234/ct.v42i1.1583>
 108. Vargas Mamani, Juan José, Vera Vargas, Gabriela Victoria, & Suppé Tejada, Nicole Andrea. (2019). Caracterización físico-química, microscópica de barrido y dispersión de rayos x del mucílago de cladodios de *Opuntia ficus indica* en la región alta de Tacna. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 305-314. Recuperado en 18 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000300003&lng=es&tlng=es.
 109. Ventura, F., Vignudelli, M., Poggi, G. M., Negri, L., & Dinelli, G. (2020). Phenological stages of Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) encoded in BBCH scale. *International journal of biometeorology*, 64(7), 1167–1181.<https://doi.org/10.1007/s00484-020-01891-3>
 110. Verona-Ruiz, Anggie, Urcia-Cerna, Juan, & Paucar-Menacho, Luz María. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
 111. Wahyudi, A., & Syukur, M. (2021). Multi-location evaluation of yield component character and proximate analysis of cowpea grown in Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(10).
 112. Yepes, Adriana, & Silveira Buckeridge, Marcos (2011). RESPUESTAS DE LAS PLANTAS ANTE LOS FACTORES AMBIENTALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL (REVISIÓN). *Colombia Forestal*, 14(2),213-232.[fecha de Consulta 14 de julio de 2021]. ISSN: 0120-0739. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4>

113. Zhang, H., Li, Y., & Zhu, J. -. (2018). Developing naturally stress-resistant crops for sustainable agriculture. *Nature Plants*, 4(12), 989-996. doi:10.1038/s41477-018-0309-4

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

Pregunta General de Investigación	Objetivo general de investigación	Preguntas específicas de investigación	Objetivos específicos de investigación	Categoría	C1	C2	C3	C4	C5	C6
		¿Cuáles son las especies de cultivos resistentes al cambio climático?	Identificar las especies de cultivos resistentes al cambio climático	Especie	De acuerdo a la familia	De acuerdo al tipo de especie	De acuerdo a su temperatura y aptitud óptima	De acuerdo a su rendimiento	De acuerdo a su rendimiento	De acuerdo al País de producción
¿Cuáles son los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?	Identificar los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	¿Cuáles son los tipos y mecanismos de resistencia que tienen las especies de cultivos alimenticios frente al cambio climático?	Identificar los tipos y mecanismos de resistencia que tienen las especies de cultivos alimenticios frente al cambio climático	resistencia	De acuerdo a su especie	De acuerdo al factor climático	De acuerdo a su indicador fisiológico	De acuerdo a su importancia de la especie en el cambio climático	-	-
		¿Cuál es la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático?	Determinar la importancia alimenticia de los cultivos alimenticios resistentes al cambio climático	Importancia	De acuerdo a su especie	De acuerdo a su órgano comestible	De acuerdo a su importancia alimenticia	De acuerdo a su sector de uso	-	-

climático?

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
---	--------------------------------------

TÍTULO:	
Año de publicación:	Autor(es):

PALABRAS CLAVES	
OBJETIVO	
ESPECIE ALIMENTICIA	
TIPO DE RESISTENCIA	
INDICADOR FISIOLÓGICO DE RESISTENCIA	
IMPORTANCIA ALIMENTICIA	
CONCLUSIONES	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Cultivos alimenticios Resistentes al Cambio Climático: Una revisión sistemática", cuyos autores son QUISPE CHOQUE JOSELYN NOEMI, ANAMPA CACCIRE NATHALY ALMENDRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 31 de Enero del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI DNI: 45283270 ORCID: 0000-0003-3248-046X	Firmado electrónicamente por: RSOLORZANOAC el 31-01-2022 14:13:33

Código documento Trilce: TRI - 0287315