UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

DIFERENTES CONDICIONES DE CAMPO MAGNÉTICO SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA.

AUTOR(ES):

Heidi Dennise Rosero Sánchez

Rosa Isabel Zabala Wachapa

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Yasiel Arteaga Crespo

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

Resumen

El proceso germinativo de las semillas ha sido estudiado bajo diferentes experimentos, mismos que se han enfocado en aportar beneficios para mejorar este proceso, uno de ellos es el tratamiento pregerminativo basado en la exposición a campo magnético. En la presente investigación se busca analizar las diferentes condiciones de campo magnético sobre la germinación de las semillas, a partir de la revisión sistemática y metaanálisis, para ello se utilizó un enfoque cualitativo de tipo bibliográfico-documental y por medio del método deductivo el análisis de los distintos documentos referentes a los efectos de los niveles de campo magnético sobre la germinación de semillas. Como resultados se obtuvo 43 artículos relevantes, pero solo seis fueron seleccionados, de los cuales dos están en una categoría excelente, tres, muy buena y uno en categoría buena. Como conclusión se menciona el gran aporte de la tecnología en este proceso y así también la alta efectividad de los tratamientos aplicados en función del mejoramiento de las características de germinación y el alto rendimiento de las plántulas.

Palabras claves: Campo Magnético Pretratamiento, Exposición, Semillas.

Abstract

The germination process of the seeds has been studied under different experiments, which have focused on providing benefits to improve this process, one of them is the pre-germination treatment based on exposure to a magnetic field. The present investigation seeks to analyze the different magnetic field conditions on seed germination, based on systematic review and meta-analysis, for which a qualitative bibliographic-documentary approach was used and through the deductive method the analysis of the different documents referring to the effects of magnetic field levels on seed germination. As a result, 43 relevant articles were obtained, but only six were selected, of which two are in an excellent category, three are very good, and one is in a good category. In conclusion, the great contribution of technology in this process is mentioned, as well as the high effectiveness of the applied treatments based on the improvement of the germination characteristics and the high yield of the seedlings.

Keywords: Pretreatment Magnetic Field, Exposure, Seeds.

1. INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos que superan al campo magnético de la Tierra ocasionan efectos sobre los organismos biológicos (Torres, Díaz, & Cabal, 2008); de acuerdo con Iqbal (2016), las semillas afectadas por campos magnéticos germinan con mayor intensidad.

Los posibles efectos estimulantes de los campos magnéticos sobre el incremento de la germinación de semillas y el aumento de biomasa en plantas de diferentes especies han sido reportados desde hace varias décadas (Lasso-Rivas, 2019).

Las investigaciones acerca del efecto del CM en las plantas se hacen de dos formas: con el método de exposición directa, en el cual las plantas se exponen directamente a campos electromagnéticos (Radhakrishnan & Ranjitha, 2015), o con el método indirecto, en el cual se utiliza agua tratada magnéticamente (ATM) (Szajsner, *et al*., 2017).

Algunos autores afirman que aplicar campos magnéticos altera los procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren en las semillas, tales como la actividad microbiana, frecuencia respiratoria, entre otras (Govindaraj, Masilamani, Albert, & Bhaskaran, 2017).

El objetivo de la investigación fue analizar la influencia de los diferentes niveles de campo magnético sobre la germinación, para llegar a ello, la metodología consistió en realizar una revisión bibliográfica exhaustiva de la literatura utilizando las bases de datos Springer, Science Direct, Scielo, ResearchGate, EBSCO y Google Académico empleando como descriptores: tratamiento magnético, niveles de campo magnético, germinación de semillas, entre otros. Los artículos fueron seleccionados teniendo en cuenta la pertinencia del tema, el número de citas, el impacto del autor y de la revista. Para el proceso del metaanálisis se utilizaron criterios de depuración de la información tales como: fecha de publicación, metodología aplicada, resultados obtenidos, entre otros.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó bajo el enfoque de una investigación cualitativa por medio del método deductivo para el análisis de los distintos documentos referentes a los efectos de los niveles de campo magnético sobre la germinación de semillas.

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo, cuyo objetivo principal es la descripción de todas las cualitativas de un fenómeno, busca definiciones que pueda explicar un contexto real. Presenta las siguientes características: permite la generación de nuevas teorías e hipótesis, no permite un detalle estadístico, se da la interacción directa con los involucrados en el estudio. El investigador genera el planteamiento del problema, pero no tiene un proceso definitivo (Dzul, 2016).

Es un proceso que no requiere levantamiento de información del tipo numérico, permite el estudio de una realidad en su entorno natural e interpretación. Es un enfoque inductivo que implica cinco dimensiones principales las cuales son: inmersión inicial con el análisis de la problemática, la interpretación dentro de su contexto, se establecen las preguntas a responder y finalmente se da la recolección de datos a través de distintas fuentes bibliográficas (Otero Ortega, 2018).

1.1. Tipo de investigación

Por el medio utilizado para la obtención de datos, se trata de una investigación de tipo documental, por medio de la cual se obtiene información basada en fuentes bibliográficas, es decir, a través de un análisis teórico. Es también conocida como una investigación del tipo bibliográfico, cuya característica principal es el análisis e información de libros, artículos científicos, publicaciones y otros escritos dentro del contexto científico (Escudero & Cortez, 2018).

1.2. Método de investigación

En el estudio de revisión sistemática de los artículos estudiados, se tuvieron en cuenta datos relacionados con investigaciones respecto al tema de mejorar el tratamiento de germinación con la aplicación de diferentes niveles de campo magnético. La presente investigación se realizó con información de las distintas bases de datos como Pubmed, Scopus, Scielo, Science Direct incluyendo documentación tanto a nivel nacional como internacional. Para la búsqueda de la información se utilizaron palabras claves tales como:

- Campo Magnético

- Germinación de semillas

Además, se desarrollarán las metodologías mencionadas en apartados anteriores tanto para la revisión sistemática como para el metaanálisis. Para la realización del metaanálisis de la información recopilada para efectuar un resumen sistemático de toda la evidencia encontrada. En otras ocasiones se trata de aclarar el papel de variables moderadoras no evaluadas hasta el momento, porque nunca se había creído que fueran relevantes o porque no había suficientes estudios con datos relevantes. La formulación de nuevas teorías o modelos puede llevar a valorar el papel de esas nuevas variables que hasta el momento no habían sido consideradas. El metaanálisis se emplea entonces para una evaluación alternativa de la heterogeneidad observada en los estudios (Escudero & Cortez, 2017).

La realización de un metaanálisis o revisión sistemática pasa necesariamente por las mismas fases que se requieren para realizar un estudio empírico. Sin embargo, dado que la unidad de análisis en un metaanálisis es el estudio empírico, mientras que, en los estudios empíricos la unidad de análisis suele ser los participantes seleccionados de una o más poblaciones, las fases de un metaanálisis presentan ciertas peculiaridades que deben ser aclaradas. En términos generales, es posible plantearse la realización de un metaanálisis siguiendo estas seis etapas (Sánchez, 2010):

1. Formulación del problema
2. Búsqueda de los estudios
3. Codificación de los estudios
4. Cálculo del tamaño del efecto
5. Análisis estadístico e interpretación
6. Publicación del meta-análisis

2.1.1 Búsqueda de estudios

Para la búsqueda de estudios, se establecieron criterios de inclusión y exclusión, los mismos que fueron:

- Fecha de publicación (2017-2021)
- Palabras claves traducidas al idioma inglés:
    - Germinación de semillas, campo magnético.
- Ancladores de criterio: AND, OR, NOT.
- Idioma inglés

- No se incluyeron búsquedas masivas de blogs o sitios web y otros medios, de tal forma que se garantizó la confiabilidad de las fuentes de información.
- Los artículos a tomarse en cuenta incluyen aquellos de alto impacto.
- Estudios empíricos.
- Documentos con baja calidad de metodología
- El documento no cumple con los criterios de inclusión.

2.1.2 Codificación de estudios

Con el fin de codificar los estudios recopilados, se ejecutó el siguiente procedimiento:

- Se describirán los estudios seleccionados agrupándolos para las siguientes categorías: titulo, año de publicación, objetivo, diseño metodológico, muestra, resultados.
- Se analizaron los resultados mediante una síntesis narrativa y análisis cualitativos

2.1.3 Cálculo del tamaño efecto

Con el fin de que dichos artículos sean de calidad para el presente estudio, se determinó la clasificación de los mismos en base a la metodología establecida por Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch, & Westmorland (1998), denominada Critical Review Form-Quantitative Studies (CRF-QS). Donde este instrumento fue elaborado por el McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group en 1998, con el propósito de evaluar la calidad de los documentos revisados en los ensayos aleatorios inclusive en casos clínicos, donde este incluye a 19 ítems que cumplidos aportan una calificación de positiva, mientras que al no cumplirse no aportan valor alguno, como se indica a continuación:

Tabla 1. Instrumento CRF-QS.

Criterios	No ítems	Elementos a valorar
Finalidad del estudio	1	Objetivos precisos, concisos, medibles y alcanzables
Literatura	2	Relevante para el estudio
Diseño	3	Adecuación al tipo de estudio
	4	No presencia de sesgos
Muestra	5	Descripción de la muestra
	6	Justificación del tamaño de la muestra

Criterios	No ítems	Elementos a valorar
	7	Consentimiento informado
Medición	8	Validez de las medidas
	9	Fiabilidad de las medidas
Intervención	10	Descripción de la intervención
	11	Evitar contaminación
	12	Evitar co-intervención
Resultados	13	Exposición estadística de los resultados
	14	Método de análisis estadístico
	15	Abandonos
Conclusión e implicación clínica de los resultados	16	Importancia de los resultados para la clínica
	17	Conclusiones coherentes
	18	Informe de la implicación clínica de los resultados obtenidos
	19	Limitaciones del estudio

Nota: Aquí se detalla los criterios a ser evaluados en cada artículo científico, de acuerdo al CRF-QS.

La categorización se establece acorde a la siguiente valoración:

- *Pobre* calidad metodológica ≤ 11 criterios
- *Aceptable* calidad metodológica entre 12 y 13 criterios
- *Buena calidad* metodológica entre 14 y 15 criterios
- *Muy buena* calidad metodológica entre 16 y17 criterios
- *Excelente* calidad metodológica ≥ 18 criterios

3. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

3.1 Revisión sistemática

En este contexto, acorde a la información emitida como base metodológica que se planteó, se establece lo siguiente:

3.1.1 Formulación del problema

El problema base de la investigación plantea identificar ¿Qué efectos causa los diferentes niveles de campo magnético sobre la germinación de semillas?

3.1.2 Búsqueda de estudios

A continuación, se recopilo la información mediante la aplicación de un algoritmo de búsqueda establecido a continuación:

En la estrategia inicial se identificaron 43 estudios que han sido encontrados en Google scholar, revistas indexadas en Redalyc, Scopus, Springer, PsycINFO y Science Direct previamente seleccionadas por los términos de inclusión, de los cuales 33 documentos han sido descartados de forma general quedando dentro de la selección 10 estudios para proceder a continuar con los términos de inclusión y exclusión.

Tabla 2. Algoritmo de búsqueda.

Secuencia	Tipo de documentos a buscar	Criterio de búsqueda	Resultados	Descartados	Seleccionados
1	Búsqueda de documentos científicos en la germinación de semillas aplicando diferentes niveles campo magnético.	Años (2017-2021) Germinación de semillas AND Campo magnético	12	11	1
2	Búsqueda de artículos científicos Diferentes niveles de campo magnético sobre la germinación de semillas divulgados en revistas indexadas en Redalyc, Scopus, Springer, PsycINFO y Science Direct	Años (2017-2021) Artículos científicos Campo magnético AND germinación de semillas	31	22	9
Total, de documentos consultados			43	33	10

Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

3.1.3 Codificación de estudios

Como se evidencio dentro de la matriz de búsqueda de los algoritmos, se tomó como información para el estudio los documentos que cumplen con las características específicas, donde (*n=6/10*), determinados por los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 3. Características respectos al autor, año, título objetivo, diseño, especie, método y resultados.

	Autor Año	Título	Objetivo y Diseño metodológico	Especie y muestra	Método	Resultados
a	(Dukic y otros, 2017)	Campo electromagnético pulsado: una práctica de cultivo utilizada para aumentar la germinación y el	Probar el efecto del campo electromagnético pulsado (PEMF) en la germinación y rendimiento de	Soja (Glycine hispida moench)	Campo electromagnético pulsado, utilizando generador de impulsos de tira.	Los resultados de la investigación indican que este método puede aumentar la germinación hasta

		rendimiento de las semillas de soja.	las semillas de soja. Experimental		0, 20, 60 y 90 min	un 8% y rendimiento en 960.5 kg.
b	(Hozayn y otros, 2019)	Mejora en la germinación, los atributos de las plántulas y los rendimientos de alfalfa (Medicago sativa, L.) bajo estrés por salinidad usando tratamientos de campo magnético estático.	Explorar el papel de tecnología de agua magnética para mejorar el estrés de la salinidad en los rasgos de germinación y rendimiento forrajero de alfalfa regada con agua salobre y salobre magnética. Experimental.	Alfalfa *(Medicago sativa(alfalfa))* 50	Intensidad de exposición 350 mili tesla (mT) a tiempo de exposición de 120 min	La mejora osciló entre 4.17-5.77% en germinación de semillas y el índice de velocidad de germinación en 9.80-51.80%. La aplicación de tecnología magnética para semillas y agua salobre en condiciones campo disminuyo claramente el estrés de salinidad. El tratamiento con campo 3magnético a4umenta la germinación de semillas.
c	(Hussain y otros, 2020)	Tratamiento de campo magnético ecológico para el rendimiento del trigo y el crecimiento de la germinación de semillas.	Investigar el efecto del campo magnético en la germinación del trigo. Experimental	Trigo *(Triticum)* 40	Campo magnético pulsante de corriente continua. Las semillas se estimularon mediante uso de electroimán, aplicados en 8 tratamientos expuestos a una intensidad de 5, 10, 15 mT durante 5 y 10 min respectivamente.	Se observó un resultado significativo para el tratamiento de campo magnético y también para el tiempo de exposición, todos los tratamientos mostraron alta tasa de germinación excepto en comparación con el control.
d	(Massah y otros, 2019).	Efectos del tratamiento magnético del agua sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de trigo.	Estudiar los efectos de la intensidad del campo magnético (400, 500, 600 mT) y el tipo de agua (agua destilada y salina) Experimental	Trigo *(Trigo Triticum)* *60*	Se estudiaron los efectos de la fuerza magnética en 400,500 Y 600 Mt con agua destilada y agua salina. Durante 30 minutos. Las semillas se desinfectaron con NaOCL al 1%, y el cálculo de porcentaje fue a los 7 días	La intensidad de campo magnético con el tipo de agua tuvo efectos significativos sobre la germinación y crecimiento.

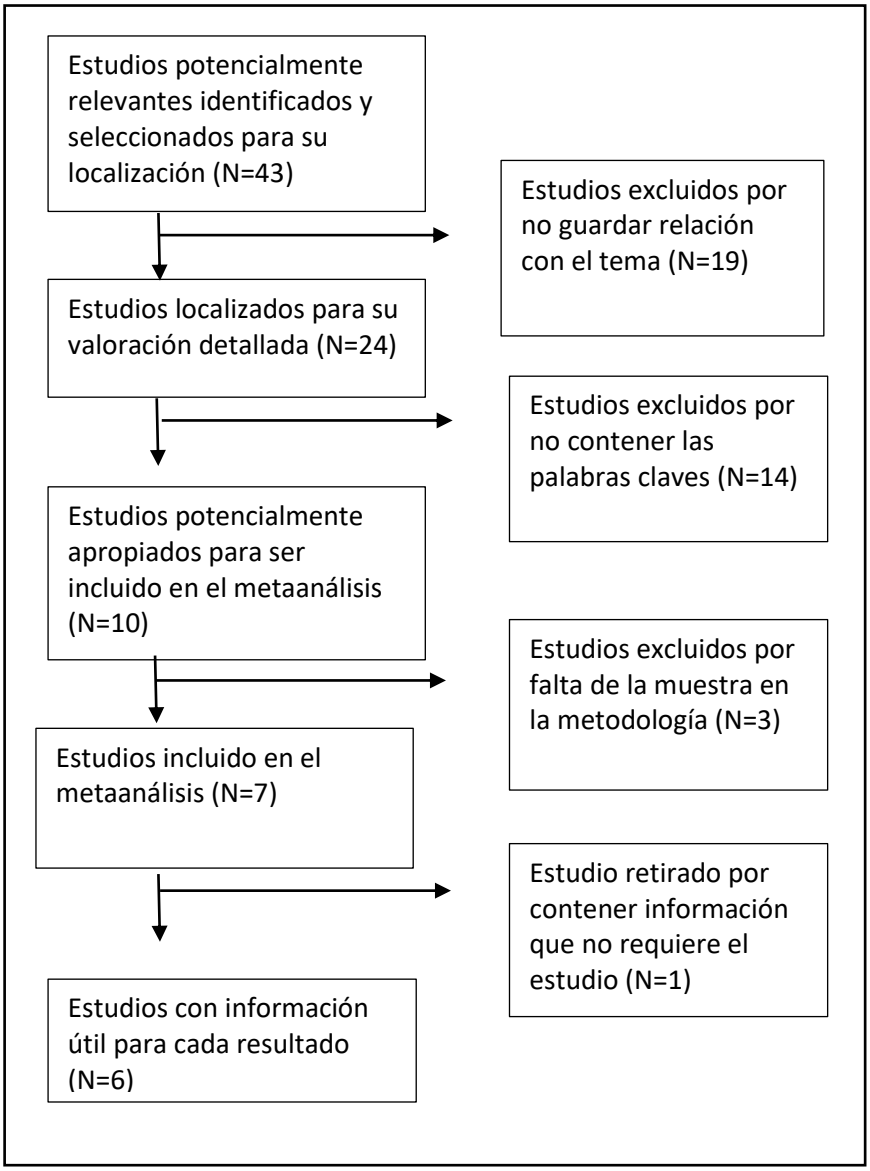
e	(Michalak y otros, 2019).	Germinación de semillas de soja expuestas al campo magnético estático/alterno y extracto de alga.	Examinar en efecto del campo magnético estático y alterno aplicado individualmente y en combinación con estracto de analga sobre la germinacion de semillas.	*Soja (Glycinemax L Merrill)*	La estimulación se realizó con una inducción de 30 y 400 mT. El tiempo de exposición de las semillas al campo magnético estático fue de 3, 6 y 12 min, mientras que al campo alterno fue de 1.25 y 5 min.	El mejor efecto sobre la germinación fue con la acción del campo magnético estático durante 3 min.
f	(Mildazien e y otros, 2020).	Efecto del tratamiento de semillas con plasma frío y campo electromagnético sobre la germinación, el crecimiento y el contenido de las principales isoflvonas del trébol rojo.	Evaluar los cambios inducidos en la germinación y crecimiento temprano de las plántulas en condiciones controladas de laboratorio. Experimental	Trébol rojo *(Trifolium pratense)* 200 semillas en 4 réplicas	Se evaluaron los efectos del tratamiento de semillas usando radiofrecuencia (5, 10, 15 min) y CP (2, 5 y 7 min)	El tratamiento no tuvo efecto sobre el porcentaje máximo de germinación en comparación con el control.
g	(Huaman Pilco y otros, 2021).	Influencia del campo magnético en la germinación y desarrollo de plántulas de Cedrela montana Moritz ex Turks (cedro) en Amazonas, Perú	Evaluar la influencia del campo magnético en la germinación y desarrollo de plántulas de Cedrela montana Moritz ex Turks (cedro) en Amazonas Perú.	(Cedro) *Cedrela montana*	Las semillas se expusieron a una fuerza magnética de 120 mT, durante diferentes periodos de tiempo (0, 20, 40, 60, 120 min)	El tratamiento 3 de 40 min, presenta mayor tasa de germinación 45% y el valor más bajo es el tratamiento 4 (60 min) con 35.5%.
h	(Can Alpsoy & Unal, 2019).	Efecto del campo magnético estacionario en la germinación de semilla y rendimiento de cultivo en espinaca	Investigar los efectos de diferentes dosis y periodos de campo magnético estacionario	Espinaca *(Spinacia oleracea)* Tres réplicas de cada una de 30 semillas (90)	Las semillas se expusieron a 0, 150 mT, 1h 150 mT, 24, 300 Mt, 1h, 300 mT 24h)	Los resultados arrojaron que los tratamientos con campos magnéticos tuvieron efectos significativos sobre el porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación.
i	(Kataria y otros, 2017).	El pretratamiento de semillas con campo magnético estático mejora la germinación y las características de crecimiento temprano bajo estrés salino en maíz y soja.	Evaluar el efecto magnetocebado en la germinación y características de crecimiento temprano. Experimental.	Maíz y soja *(Zea mays, Glycine max)* Cuatro repeticiones de 25 semillas (100)	Las semillas fueron pretratadas con un campo magnético estático (SMF) de 200 mT durante 1 hora.	El porcentaje de germinación se mantuvo en aproximadamente 90% y 95% en semillas de soja. Y el 99% y 85 % en semillas de maíz.
j	(Szajsner y otros, 2017).	El efecto de la estimulación previa a la siembra sobre la germinación y el contenido de pigmentos en las hojas de las	Evaluar el efecto de estimulación de los racimos de semillas de remolacha azucarera	Remolacha azucarera *((Beta vulgaris l.)* Cuatro repeticiones de	Exposición al campo magnético (MF): de 30Mt de inducción a 10, 30, 60 y 300 segundos y se aplicaron dos	La influencia de campo magnético mejoró significativamente bajo, pudiéndose afirmar que la radiación láser y

		plántulas de remolacha azucarera (BETA VULGARIS L.)		50 semillas cada uno (200).	dosis diferentes de radiación láser (LR)	el campo magnético modifican el proceso de germinación.

Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

Por otra parte, en la figura 1 se puede apreciar el diagrama de flujo del análisis aleatorizado según la declaración QUOROM, misma que será empleada para realizar la revisión bibliográfica dentro del presente trabajo de investigación.

Figura 1. Diagrama de flujo del análisis aleatorizado según la declaración QUOROM.



Para el proceso de filtrado se encontró un total de 43 artículos científicos previamente seleccionados por los criterios de inclusión y exclusión las cuales fueron seleccionadas los documentos que se encontraban en un rango de no mayor a 5 años (2017-2022) buscados con las palabras claves y ancladores de criterio, además de incluir documentos de alto impacto en el idioma inglés, de los 43 documentos se han descartado 19 por no guardar relación con el tema, siendo incluidos 24 artículos, de los cuales se excluyeron 14 por no contener las palabras claves seleccionadas, conformando así al número de seleccionados 10 artículos científicos que fueron expuestos a detalle para la evaluación. Una vez mas se excluyó tres estudios por falta de la muestra en la metodología, formando parte una vez más para la revisión siete documentos, de la cual se descartó un estudio por contener información no requerida en el estudio, quedando finalmente para el proceso de metaanálisis seis estudios.

3.1.4 Cálculo del tamaño del efecto

Con el fin de establecer la valoración de los artículos electos, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 4. Categorización de calidad metodológica de los documentos.

N°	Título	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total de puntos alcanzados	Categoría de calidad metodológica
1	Mejora en la germinación, los atributos de las plántulas y los rendimientos de alfalfa (Medicago sativa, L.) bajo estrés por salinidad usando tratamientos de campo magnético estático.	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	15	Buena calidad
2	Tratamiento de campo magnético ecológico para el rendimiento del trigo y el crecimiento de la germinación de semillas.	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	16	Muy buena calidad
3	Efectos del tratamiento magnético del agua sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de trigo.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18	Excelente
4	Efecto del campo magnético estacionario en la germinación de semilla y rendimiento de cultivo en espinaca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18	Excelente
5	El pretratamiento de semillas con campo magnético estático mejora la germinación y las características de crecimiento temprano bajo estrés salino en maíz y soja.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	17	Muy buena calidad
6	El efecto de la estimulación previa a la siembra sobre la germinación y el contenido de pigmentos en las hojas de las plántulas de remolacha azucarera (BETA VULGARIS L.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	17	Muy buena calidad

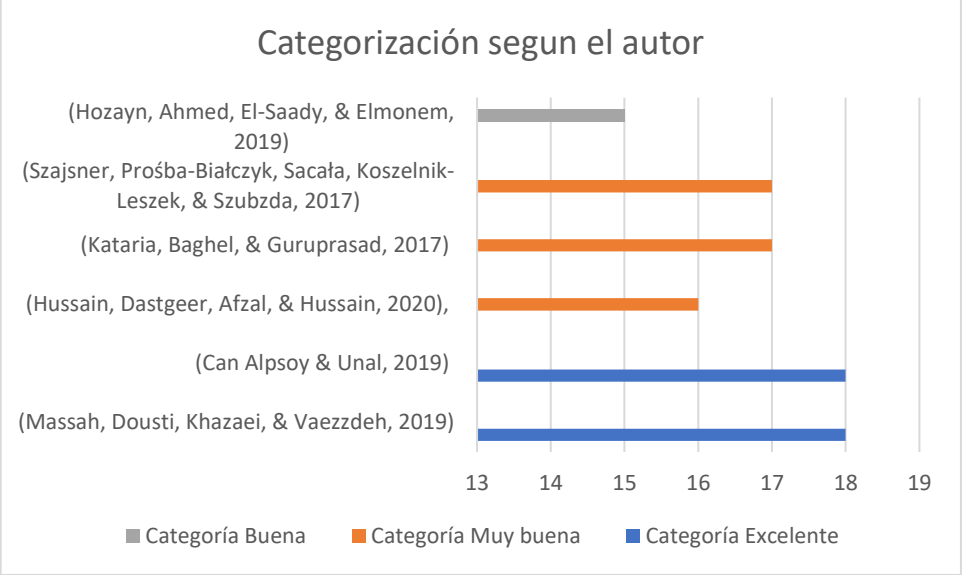
Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

Los estudios fueron revisados mediante la aplicación del Instrumento CRF-QS. La cual consiste en dar una puntuación de 1 en caso de cumplir con el criterio, en caso contrario se da la puntuación de 0. La puntuación máxima es 19 que reflejaría que el estudio es de excelente calidad metodológica.

En la tabla se observa que los artículos de (Massah, Dousti, Khazaei, & Vaezzdeh, 2019) y (Can Alpsoy & Unal, 2019) son estudios que presentan mayor calidad metodológica (Excelente) y los estudios de (Hussain, Dastgeer, Afzal, & Hussain, 2020), (Kataria, Baghel, & Guruprasad, 2017) y (Szajsner, Prośba-Białczyk, Sacała, Koszelnik-Leszek, & Szubzda, 2017) son de (Muy buena calidad) y por último el estudio de (Hozayn, Ahmed, El-Saady, & Elmonem, 2019) es de (Buena calidad).

3.1.5 Análisis estadísticos e interpretación

Figura 2. Categorización según el autor.



Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

En la figura 3 se observa la cantidad de autores con su respectivo año de publicación, y la calificación obtenida sobre la calidad de estudio en la que refleja que los seis estudios que fueron incluidos se categorizaron en excelente, muy buena y buena. Los resultados reflejan que 2 autores del año 2019 consiguieron una puntuación de 18 calificándose como excelente mientras que 3 autores de los años 2017 y 2020 se calificaron como estudios de muy buena calidad y por último un estudio realizado en el año 2019 se categorizó como buena calidad.

3.1.6 Publicación del meta-análisis

Como se muestra en la figura anterior, se puede encontrar seis artículos representativos, acorde a los criterios de inclusión y exclusión.

Según Hozayn, Ahmed, El-Saady, & Elmonem (2019) señala que aplicar la tecnología de agua magnética para mejorar el estrés de la salinidad en los rasgos de germinación y rendimiento forrajero de alfalfa regada con agua salobre y salobre magnética, mejora las características de germinación y crecimiento de las plántulas debido a que se disminuye el estrés de salinidad por la lixiviación de sales solubles por lo que recomienda en su estudio tratar las semillas con campo magnético para mejorar las características de germinación y por ende obtener un alto rendimiento.

Por otro lado, Hussain, Dastgeer, Afzal, & Hussain (2020) en su estudio menciona que utilizar diferentes productos químicos , fertilizantes para estimular su productividad puede infectar las materias primas por lo que ofrece en su investigación otra técnica para estimular la germinación mediante la aplicación de tratamientos magnéticos aplicados a las semillas mediante un electroimán donde refleja en sus resultados que en todos los tratamientos ha observado una alta tasa de germinación en comparación con el control, aplicando una densidad campo desde 10 a 15 mili tesla (mT) en una exposición de tiempo de 10 a 15 minutos.

Concordando con Massah, Dousti, Khazaei, & Vaezzdeh (2019) que menciona que en su investigación estudiaron los efectos de la intensidad del campo magnético desde 400 a 600 mT, dando como resultado que los efectos fueron altamente significativos en la germinación y el crecimiento característico de las semillas de trigo, comprobando que las propiedades morfológicas han mejorado en comparación de las semillas de control.

De igual manera el presente autor Can Alpsoy & Unal (2019) apoyado en su investigación, menciona que aplicando diferentes periodos de campo magnético estacionario y diferentes dosis de tiempo, dio como resultado que los diferentes tratamientos con campos magnéticos, los efectos fueron estadísticamente positivos sobre la germinación de semillas, el tratamiento de 150 mT -1h brindo mejores resultados sin embargo menciona que requieren más estudios para una mejor compresión del mecanismo de este efecto magnético.

(Kataria, Baghel, & Guruprasad, 2017) en su estudio experimental expone que las semillas de maíz y soja fueron expuestas a un campo magnético estático de 200 mT durante 1 hora con la finalidad de evaluar el efecto de magnetocebado en la germinación

y las características de crecimiento en condiciones salinas el efecto contrario a lo estudiado por Hozayn, Ahmed, El-Saady, & Elmonem (2019), indicaron que el magnetocebado fue más efectivo para aliviar el estrés por salinidad, además de ver la mejora en la germinación de semillas y el vigor en las plántulas.

Y por último Szajsner, Prośba-Białczyk, Sacała, Koszelnik-Leszek, & Szubzda (2017) en su investigación utilizaron cuatro tiempos de exposición al campo magnético desde 10 a 300 segundos con a 30mT estimularon significativamente y mejoraron en la capacidad y vigor de la germinación.

4. CONCLUSIÓN

La aplicación de la tecnología de campos magnéticos en diferentes niveles de intensidad y tiempo de exposición sobre la germinación de semillas tiene como objetivo explorar el papel de la tecnología para mejorar el proceso de los diferentes parámetros del crecimiento de las plántulas independientemente del efecto del clima, así evitar el uso de diferentes agroquímicos que afectan a la materia prima y por ende la salud humana. Los estudios que han sido evaluados en esta revisión aplicaron un diseño experimental logrando obtener los objetivos planteados permitiendo evaluar y determinar los efectos que provoca la exposición de las semillas a diferentes niveles de campo magnético en diferentes tratamientos, como el mejoramiento de las características de germinación y el alto rendimiento, dando como resultado que existe una diferencia significativa alta, en la mayoría de los tratamientos en comparación con los controles (muestra). Sin embargo, se plantean que se debería seguir elaborando más estudios sobre esta tecnología en diferentes especies de semillas para una mejor precisión de los resultados.

REFERENCIAS

Can Alpsoy, H., & Unal, H. (2019). Effect of stationary magnetic field on seed germination and crop yield in spinach. *Agricultural Sciences Plant breeding, 72*(5), 687-696. doi:10.7546/CRABS.2019.05.18

Díaz, C. A. (2011). *Categorización de la latencia en semillas de mora (Rubus glaucus Benth.), para el apoyo a programas de mejoramiento y conservación de la especie.* Obtenido de Universidad Nacional : https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8964

Dukic, V., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanovic, M., Tatic, M., Miladinovic, J., & Balesevic Tubic, S. (2017). Pulsed electromagnetic field - a cultivation practice used to increase soybean seed germination yield. *Zemdirbyste-Agriculture, 104*(4), 345-352. doi:10.13080/z-a.2017.104.044

Efectos positivos del campo magnético en plantas cultivadas. (2019). *INTROPICA, 14*(2), 160-170.

Escudero, C., & Cortez, L. (2017). *Técnicas y Mètodos Cualitativos para la Investigación Científica.* Machala: UTMACH. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf

Hozayn, M., Ahmed, A. A., El-Saady, A. A., & Elmonem, A. A. (2019). Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (Medicago sativa, L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. *EurAsian Journal of BioSciences, 13*, 369-378. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/353756810

Huaman Pilco, A. F., Culqui Mirano, L. E., Quilcate Pérez, P. A., Pariente, E., Oliva, M., & Sánchez Santillan, T. (2021). Influencia del campo magnético en la germinación y desarrollo de plántulas de Cedrela montana Moritz ex Turks (cedro) en Amazonas, Perú. *Revista de investigación en agroproducción sustentable, 5*(2), 37-43. doi:10.25127/aps.20212.767

Hussain, M. S., Dastgeer, G., Afzal, A. M., & Hussain, S. (2020). Eco-friendly magnetic field treatment to enhance wheat yield and seed germination growth. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management,* 1-6. doi:DOI: 10.1016/j.enmm.2020.100299

Kataria, S., Baghel, L., & Guruprasad, K. N. (2017). Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 10*, 83-90. doi:10.1016/j.bcab.2017.02.010

Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). *Critical Review Form – Quantitative Studies.* Obtenido de https://www.unisa.edu.au/siteassets/episerver-6-files/global/health/sansom/documents/icahe/cats/mcmasters_quantitative-review.pdf

Iqbal, M., Haq, Z., Malik, A., Ayoub, M., Jamil, Y., & Nisar, J. (2016). Pre- sowing seed magnetic field stimulation: A good option to enhance bitter gourd germination, seedling growth and yield characteristics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30-37.

Lasso-Rivas, N. (2019). Efectos positivos del campo magnético en plantas cultivadas. *INTROPICA, 14*(2), 160-170.

Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). *Critical Review Form – Quantitative Studies.* Obtenido de https://www.unisa.edu.au/siteassets/episerver-6-files/global/health/sansom/documents/icahe/cats/mcmasters_quantitative-review.pdf

Massah, J., Dousti, A., Khazaei, J., & Vaezzdeh, M. (2019). Effects of water magnetic treatment on seed germination and seedling growth of wheat. *Journal of Plant Nutrition, 42*(11-12), 1283-1289. doi:10.1080/01904167.2019.1617309

Michalak, I., Lewandowska, S., Niemeczyk, K., Detyna, J., Bujak, H., Arik, P., & Bartniczak, A. (2019). Germinationofsoybeanseedsexposedtothestatic/alternating magneticfieldandalgalextract. *Engineering in Life Sciences*, 1-14. doi:10.1002/elsc.201900039

Mildaziene, V., Pauzaite, G., Naučienė, Z., Žūkienė, R., Malakauskienė, A., Norkevičienė, E., . . . Lyuskevich, V. (2020). Effect of seed treatment with cold plasma and electromagnetic field on red clover germination, growth and content of major isoflavones. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 1-11. doi:https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab8140

Montriwat, P., & Limpanuparb, T. (2016). EXPOSURE OF PLANTS TO STATIC ELECTROMAGNETIC FIELDS: THE EARLY GROWTH OF BASIL AND WAXY CORN. *Suranaree Journal of Science & Technology, 23*(3), 160-170.

Navarro, M. d., Saldivar, S., & Eliosa, H. (2010). *Efecto de la escarificación y de la edad de semillas en la germinación de Mammillaria mystax.* Obtenido de Revista Zonas áridas 14 (1): https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/view/161/159

Sánchez, J. (2010). *Cómo realizar una revisión sistemática. Aula Abierta, 72, 53–64.* Obtenido de Aula abierta, ISSN 0210-2773, Vol. 38: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3316651

Szajsner, H., Prośba-Białczyk, U., Sacała, E., Koszelnik-Leszek, A., & Szubzda, B. (2017). The effect of pre-sowing seed stimulation on the germination and pigment content in sugar beet (BETA VULGARIS L.) seedlins leaves. *Polish Journal of Natural Sciences, 32*(2), 207-222. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320702361_The_effect_of_pre-sowing_seed_stimulation_on_the_germination_and_pigment_content_in_sugar_beet_Beta_vulgaris_L_seedlings_leaves

Torres, C., Díaz, J., & Cabal, P. (2008). Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (Oryza sativa L.) y tomate. *Agronomía Colombiana*, 177-185.

ANEXOS:

A. MARCO TEÓRICO

Tabla 5. Partes de la Semilla

PARTES DE LA SEMILLA	DESCRIPCIÓN
Epispermo	Es considerada la cubierta de la semilla constituida por las siguientes partes: testa y el micrópilo. La testa puede contiene la cicatriz que indica la intersección de la semilla y el funículo, mientras que el micrópilo por el cual penetra el tubo polínico al rudimento seminal.
Endopleura	Corresponde a la cubierta seminal interna, presenta una contextura delgada y de color blanquecino. Las funciones que presenta esta parte son: mantiene unidas y protege las partes internas, sirve como barrera para evitar la entrada de microorganismos, regulación de la velocidad de hidratación de a semilla, normaliza el intercambio de gases e inhibe l germinación, promoviendo el período de latencia.
Eje embrionario	Cumple la función reproductiva, inicia las divisiones de la célula y permite el crecimiento de la planta. Es la par te vital de la semilla. Es un eje porque inicia el crecimiento en dos direcciones con el fin de originar la raíz y el vástago. El eje embrionario es generalmente pequeño, en comparación con otras partes de la semilla. El embrión es la planta en miniatura.
Tejido de reserva	Por medio de este tejido se obtiene las distintas sustancias orgánicas, que servirán como la fuente de energía de las nuevas paredes celulares, citoplasma y núcleos. Estas reservas se pueden encontrar en los cotiledones, endospermo o perispermo.

Fuente: (Ludeña, 2021)

Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

C. Tipos de Semillas

Ortodoxas. Corresponde a las semillas que pueden secarse de forma completa o alcanzar un porcentaje de humedad igual al 5% y por ende pueden almacenarse a temperaturas bajas o que sean inferiores a 0ºC durante un largo período de tiempo (Arévalo, 2012).

Recalcitrante. Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 por ciento, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos (Arévalo, 2012).

D. Germinación de Semillas

La semilla desempeña un papel importante en la preservación de especies; por ello, se debe usar semillas de calidad permitiendo que la germinación cumpla estándares de buenas prácticas agrícolas para garantizar buena producción. Para que las semillas den lugar a una nueva plántula hay que hidratarlas o inhibirlas en agua; con este proceso el índice de germinación aumenta en un 50% y permite relacionar la capacidad de germinar y disminuir el tiempo en el que ocurre este proceso fisiológico (Solano, 2020).

Las fases de la germinación son las siguientes:

Imbibición. Esta etapa inicia con el ingreso del agua dentro de la semilla. El tiempo de duración de esta fase es dependiente de la especie que se trate. A raíz de la hidratación se activa una variedad de procesos metabólicos indispensables para las próximas etapas. En general, esta deshidratación no afecta negativamente a las semillas, las cuales pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación (Pita & Pérez, 2014).

Germinación “sensu stricto”. A raíz de la hidratación se inicia la segunda fase denominada germinación en sentido estricto, caracterizada por la disminución del agua que fue absorbida en la etapa previa. En esta etapa se da la activación generalizada del metabolismo propio de la semilla (Pita & Pérez, 1998).

Fase de crecimiento. En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá. Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el

desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Pita & Pérez, 2014).

E. Tratamientos Pregerminativos

En algunas semillas de varias especies se encuentra un bloqueo natural y las plántulas no germinan inmediatamente, por lo consiguiente, los tratamientos pregerminativos disminuyen aquel bloqueo denominado latencia y permiten ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable, sin dañar al embrión ni al endosperma que están en su interior (Solano, 2020).

Todos estos compuestos generan un impacto positivo en la germinación como: retrasar la senescencia, favorecer la formación de células de la raíz, por ende, el desarrollo de meristemas apicales y translocación de nutrientes. Se puede expresar que dichos 7 tratamientos comprenden métodos biológicos, físicos, calor seco y remojado en agua o soluciones químicas (Quimbita, 2013).

No se comprende perfectamente la causa, ni la naturaleza de la impermeabilidad del tegumento de la semilla, pero se ha encontrado que en condiciones naturales y después de la mayoría de los tratamientos artificiales el lugar por el cual penetra el agua es el estrofiola; se trata del área del tegumento de la semilla más débil y menos reforzada en la que se nota como una pequeña área elevada, cercana al hilio, pero en el lado opuesto del micrópilo (Mera, 2016).

Los tratamientos pregerminativos aceleran los procesos de germinación en las semillas y por ende se da la producción de plántulas en un menor tiempo posible, adicionalmente, disminuye los costos de producción y se logra mejor adaptación en la fase de trasplante (Castillo et al., 2021).

Este tipo de tratamientos ablandan, perforan, rasgan o abren la cubierta de la semilla con el fin de mejorar la permeabilidad, sin efectos negativos en el embrión ni en el endospermo. Están compuestos por métodos basados en la biología, física, calor seco, inmersión en agua o inmersión en distintas soluciones químicas (Solano, 2020).

A continuación, en la tabla 2 se presentan los diferentes tipos de tratamientos que son usados en la pregerminación de diferentes plantas. El tratamiento pregerminativo escogido va a depender directamente de la semilla y su tiempo de germinación.

F. Tipos de Tratamientos Pregerminativos

Tabla 6. Tipos de Tratamientos Pregerminativos

TIPOS	DESCRIPCIÓN
ESCARIFICACIÓN	
Escarificación fría	Consiste en mantener las semillas con una temperatura entre 3-6 °C durante un cierto periodo de tiempo, esto es de 2 a 3 meses o 1 a 2 años (frondosas)
Agua fría o tibia	El remojo de la semilla de acacia en agua a menos de 40 °C resulta eficiente en provocar la germinación solo en aquellas semillas que ya tienen un tegumento permeable (semillas blandas).
Agua hirviente	Sumergir la semilla en 4-10 veces su volumen de agua hirviente (90 – 100 °C), retirar el calentador, y dejar que las semillas se embeban en el agua que va enfriándose progresivamente, durante 12- 24 horas.
Agua caliente	El agua caliente provoca la germinación hasta un punto crítico que si es superado hace que el porcentaje de germinación final decaiga, la imbibición en agua dentro de los 60 – 90 °C es a menudo tan efectiva como embeberla a 100 °C con temperaturas menores hay riesgos menores de daño.
Escarificación con ácido sulfúrico	Es el método más utilizado para el tratamiento de semillas de acacia, el efecto sobre el tegumento de la semilla es similar al del hervido prolongado y el tegumento queda flojo y perforado superficialmente, esta técnica requiere una cantidad de ácido sulfúrico de grado comercial (42 %).
Escarificación física	Existe en el mercado una cantidad de máquinas comerciales que funcionan según el principio de revolver o aventar las semillas contra una superficie abrasiva dentro de un tambor o mezclador; hay modelos de máquinas que pueden ser portátiles operadas a mano o máquinas más grandes menos transportables que funcionan con un motor eléctrico; en este método no se necesita control de temperatura, es seguro para el operador, las semillas se conservan secas y se puede procesar grandes cantidades.
HORMONAS Y OTROS ESTIMULANTES QUÍMICOS	
Nitrato de potasio	El nitrato de potasio actúa como promotor de crecimiento y estimula a la germinación con el fin de romper la latencia en semillas de diversas especies en etapas tempranas de crecimiento y, debido a su aporte de nitrógeno en forma nítrica no retenida por el suelo con un reparto muy homogéneo.
Hormonas reguladoras del crecimiento	Las hormonas vegetales se producen naturalmente en los tejidos en crecimiento, específicamente en los meristemas del extremo de los tallos y raíces. Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Ácido abscísico
Bioestimulantes	Promueven, activan y aceleran la germinación de las diferentes especies de semillas y regulan el estrés por salinidad. Se puede realizar en vía semillas, hojas, suelo o incluir la combinación vía semilla y hoja para obtener mejores resultados que se asemejan a las principales hormonas vegetales

Fuente: (Solano, 2020; Varela & Arana, 2011)

Elaborado por: Rosero H. & Zabala R. (2021)

G. El campo magnético sobre la germinación de las semillas

Los pretratamientos que se le dan a las semillas andes del proceso de siembra, favorecen de manera positiva a la germinación y el crecimiento. El tratamiento que se les da a las semillas basado en campo magnético, produce que la semilla se fortalezca y sea más resistente a las enfermedades, este procedimiento inicia con la selección de las semillas, el primer grupo será el que se experimente y deberá existir un segundo grupo con el cual se realice el control del proceso, de esta manera las semillas son sometidas a diferentes frecuencias de campo magnético, por determinados períodos de tiempo (Carbonell, Flórez, & Martínez , 2011).

A menudo los seres vivos están expuestos a campos magnéticos, en diferentes intensidades, pero no se puede apreciar mayor incidencia debido a que su energía no está focalizada a un cuerpo determinado, por lo que las frecuencias magnéticas se encuentras dispersas en el ambiente. La energía que aporta a las semillas la exposición a campos magnéticos es bastante buena, debido a que las condiciones para el proceso de germinación se vuelven favorables, esto gracias a la luz y temperatura aportada por el campo magnético (Can Alpsoy & Unal, 2019).

Expertos como Hussain et al. (2020) manifiestan que este tratamiento no solo es efectivo en una etapa previa al proceso de siembra, si no que durante el crecimiento, la exposición de ciertos cultivos a campos magnéticos facilitan la asimilación de calcio, hierro y otros minerales que permiten a los cultivos desarrollarse y crecer de forma rápida, fortaleciendo sus hojas, tallo, y raíces, teniendo como resultado, cultivos sanos y resistentes a plagas.

H. Revisión Sistemática

Debido al gran avance que se ha logrado en los últimos años en el campo de la investigación científica y en el uso de Internet, no solo se dispone de más y más información, sino que también es más compleja y está representada en diferentes formatos, convencionales (fuentes de información clásicas y bases de datos) y no convencionales (Blogs, Wikis, Redes Sociales) donde el lector participa agregando valor a los contenidos. Tradicionalmente, la evidencia se ha sintetizado objetiva y científicamente a través de revisiones sistemáticas para dar respuesta a una

hipótesis específica. En el caso de estudios con resultados cuantitativos, estos podrían combinarse para lograr un estimador más preciso mediante técnicas de metaanálisis (Manchado Garabito et al., 2009).

Una revisión sistemática es un artículo de síntesis de la evidencia disponible, en el que se elabora una revisión de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios, con el objetivo de resumir la información existente sobre un tema en particular. Una vez recopilados los artículos de interés, los investigadores los analizan y comparan la evidencia que aportan con la de otros estudios similares. Las razones que justifican la realización de una revisión sistemática son: cuando existe incertidumbre sobre el efecto de una intervención debido a evidencias contradictorias sobre su utilidad real; cuando se desea conocer la magnitud del efecto de una intervención; y, cuando se desee analizar el comportamiento de una intervención en subgrupos de sujetos (Manterola et al., 2013).