



Macronutrientes en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.): una revisión

Macias Sornoza, Anthony J.; Moreira Mendoza, Jorge M. y
Muentes Rodríguez, Ronald B.

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Departamento de Ciencias Agronómicas,
Portoviejo, Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0001-6835-9237> jordan_macias97@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4569-7959> jiorge1996@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2212-2274> ronald.muentes@utm.edu.ec

ASA/Artículo Revisión

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.14433147>

Recibido: 24-06-2024

Aceptado: 01-12-2024

RESUMEN

El cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) constituye un rubro agrícola de gran importancia nutricional y económica. El grano es rico en aceite, proteínas, carbohidratos, fibra y cenizas, que lo hace atractivo a la dieta humana, además de contribuir al desarrollo agrícola e industrial de diversos países por el gran volumen producido. La producción del maní es afectada por la proporción de macronutrientes presentes en el suelo, que influyen en el rendimiento, la calidad y el crecimiento de las plantas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica relacionada con la importancia de los macronutrientes en el cultivo de maní. Se desarrolló una búsqueda de artículos científicos publicados durante el período 2014-2024 en las bases de datos Dialnet, Redalyc, Scielo y Google Académico, que generó 47 documentos relacionados con la función de los nutrientes y la importancia y dosis de la fertilización para el cultivo de maní. Se evidenció, que los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y calcio son indispensables para el cultivo de maní por el rol específico que cumplen en el metabolismo de las plantas que afecta la producción y el rendimiento, requiriéndose de una fuente externa y la consideración de los factores que influyen en su absorción para alcanzar el desarrollo rentable.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*, fertilizantes en maní, macronutrientes, manejo integrado de nutrientes y nutrición de las plantas.



Macronutrientes in peanut cultivation (*Arachis hypogaea* L.): a review

ABSTRACT

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivation is an agricultural product of great nutritional and economic importance. The grain is rich in oil, proteins, carbohydrates, fiber and ash, which makes it attractive to the human diet, in addition to contributing to the agricultural and industrial development of various countries due to the large volume produced. Peanut production is affected by the proportion of macronutrients present in the soil, which influence the yield, quality and growth of plants. Therefore, the objective of this work was to carry out a bibliographic review related to the importance of macronutrients in peanut cultivation. A search was carried out for scientific articles published during the period 2014-2024 in the Dialnet, Redalyc, Scielo and Google Scholar databases, which generated 47 documents related to the function of nutrients and the importance and dosage of fertilization for peanut cultivation. It was shown that the macronutrients nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and calcium are essential for peanut cultivation due to the specific role they play in plant metabolism that affects production and yield, requiring an external source and consideration of the factors that influence their absorption to achieve profitable development.

Keywords: *Arachis hypogaea*, fertilizers in peanuts, macronutrients, integrated nutrient management and plant nutrition.

INTRODUCCIÓN

El Maní (*Arachis hypogaea* L.), es la cuarta fuente de nutrición humana más importante de aceite comestible y la tercera más invaluable de proteína vegetal de alta calidad, carbohidratos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales (Mondal et al. 2020). Según lo declarado por la FAO (2021), el maní se cultiva en una superficie aproximada de 48 millones de hectáreas distribuidas en 111 países del mundo, siendo Asia el mayor productor con alrededor del 55,9%, seguido de África con 34,1% y por último América con 9,9% de la producción mundial. El consumo per cápita se ubica en 3,71 Kg/persona en Canadá, 10,54 Kg/persona en China, 3,96 Kg/persona en India y 6,23 Kg/persona en Indonesia (Torres, 2020).

El grano de maní se puede usar entero o procesado (Torres, 2020). Tradicionalmente ha sido útil como fuente de aceite comestible y mantequilla, sin embargo, se han desarrollado diversos productos a base de maní con aplicaciones en confitería, panadería y el mercado general de consumo, tales como maníes tostados, crema de maní, harina de maní, aderezos, panes y productos de panadería fortificados, productos cárnicos, leches extendidas, frituras, bocadillos, productos de

tipo queso y cuajada, entre otros. Además, el consumo del maní y sus derivados se ha relacionado con una mejor calidad de vida asociada a la disminución al riesgo de padecer cáncer y a la mortalidad por enfermedades cardiovasculares, respiratorias, infecciosas, renales y hepáticas (Rengifo-Ruiz et al. 2021).

Al igual que en todos los cultivos, la producción agrícola del maní es afectada por la disponibilidad de los macronutrientes presentes en el suelo, que influyen en el rendimiento, la calidad y el crecimiento de las plantas y son indispensables para un buen desempeño productivo, por tanto, es de gran importancia conocer la cantidad de elementos demandados para determinar así el volumen requerido. Al respecto, se estima un requerimiento de nutrientes en diferentes proporciones de 140 Kg/ ha de nitrógeno, 21 Kg/ha de fósforo, 103 Kg/ ha de potasio, 59 Kg/ ha de calcio y 30 Kg/ha de magnesio para producir 2 toneladas de frutos (Purbajanti et al. 2019).

El suministro de macronutrientes para aumentar la productividad de los cultivos de maní se realiza principalmente a través de fertilizantes químicos (Purbajanti et al. 2019), aunque también es útil la aplicación simultánea de biofertilizantes y abonos orgánicos para mejorar

las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y generar un alto rendimiento agrícola libre de metales pesados (Chen et al. 2018). Adicionalmente, el compostaje representa una técnica adecuada para mejorar significativamente las propiedades fisicoquímicas de los suelos, con una mineralización del nitrógeno regulada por las propiedades del compost (Mahrous et al. 2015). En este sentido, existe una correlación positiva entre el uso de fertilizantes y la productividad, con una aproximación en los últimos años del 50% del aumento de la producción agrícola atribuida a estos productos, lo que conlleva a considerar el suministro de estos elementos nutritivos esenciales como una de las necesidades básicas para lograr el rendimiento potencial (Purbajanti et al. 2019).

Entre los elementos más importantes en la producción de maní se encuentran el nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y azufre. Al respecto, la productividad del cultivo de maní se ve afectada en gran medida por la disponibilidad de nitrógeno por sus grandes concentraciones en el follaje y granos, mientras que el fósforo y el potasio son los principales macronutrientes vitales para el crecimiento de las plantas (Patel et al. 2020). Por su parte, el calcio, como nutriente mineral esencial para las plantas, juega

un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad de las paredes y membranas celulares (Song et al. 2020). De manera similar, el papel del azufre en las plantas es ayudar en la formación de proteínas vegetales y clorofila y mejorar el crecimiento de las raíces (Radwan, 2017).

Ante los beneficios nutricionales y económicos que brinda el grano de maní, se ha observado un creciente interés por su cultivo, sin embargo, una de las principales problemáticas en la producción de este rubro agrícola es el bajo rendimiento por unidad de superficie procedente de diversos factores como la falta de asistencia técnica, el clima y el manejo inadecuado del suelo, con un desconocimiento por parte de los productores de maní que la carencia de nutrientes es uno de los principales factores limitantes que afectan a la producción de los cultivos en todo el mundo (Torres, 2020).

Por la situación expuesta, se planteó como objetivo del estudio realizar una revisión bibliográfica relacionada con la importancia de los macronutrientes en el cultivo de maní, abarcando funciones de los nutrientes, sintomatología por deficiencias, importancia de la fertilización y el uso, dosis y época de aplicación de fertilizantes para el cultivo de

maní.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica mediante la búsqueda de artículos científicos indexados, utilizando las palabras clave: *Arachis hypogaea*, fertilizantes en maní, macronutrientes, manejo integrado de nutrientes y nutrición de las plantas, las cuales fueron introducidas en las bases de datos: Dialnet, Redalyc, Scielo y Google Académico. Luego se seleccionaron los documentos aplicando los siguientes criterios: a) artículos científicos originales o en revisión, b) publicados en idioma o inglés español, c) disponibles en acceso abierto y d) publicaciones entre los años 2014-2024. La información obtenida de las publicaciones se estudió aplicando el método de análisis-síntesis, a fin de extraer las ideas relevantes del tema en estudio y organizarlas según sus características y relaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los criterios utilizados en la selección de la bibliografía, se obtuvieron 47 artículos científicos en español, inglés y portugués, de los cuales 5 pertenecieron a la plataforma Dialnet, 7 a Redalyc, 14 a Scielo y 22 a Google Académico. Los trabajos seleccionados fueron aquellos con información

acerca de los macronutrientes en el cultivo de maní, sus efectos en la planta, relación con la producción y aplicación química y orgánica en el cultivo del maní.

Funciones de macronutrientes en el cultivo de maní

El bajo rendimiento del cultivo maní está relacionado con malas prácticas agronómicas, principalmente el manejo de la fertilidad del suelo, además de otras limitaciones de producción bióticas y abióticas (Purbajanti et al. 2019). El maní, al ser un cultivo exhaustivo, elimina gran cantidad de elementos edáficos, causando una deficiencia de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros, que se traduce en el deterioro de la fertilidad del suelo con la consecuente disminución de la productividad y el aumento de los costos de producción (Singh et al. 2020), requiriendo de una fuente externa de nutrientes para el desarrollo y rendimiento del cultivo (Bekele et al. 2019).

Los macronutrientes son indispensables para un buen desempeño del cultivo de maní, de allí la necesidad de conocer el modo de acción de los elementos demandados por la planta y los factores que influyen en su absorción desde el

suelo, a fin de identificar el tipo y cantidad de insumos beneficiosos para alcanzar los rendimientos adecuados (Purbajanti et al. 2019). En este sentido, en la literatura consultada se muestra el nitrógeno, potasio, fósforo, calcio y azufre como macronutrientes de gran impacto en la producción de maní (Kadirimangalam et al. 2022).

Nitrógeno

El nitrógeno constituye el nutriente más importante de todos los cultivos por su participación en los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta, en la estimulación del crecimiento vegetal, especialmente en raíces, ramas y hojas y la formación de proteínas, grasas y otros compuestos orgánicos, además es uno de los nutrientes más relevante para la producción eficiente (Leghari et al. 2016). Al ser una leguminosa, la asimilación de nitrógeno en la planta de maní ocurre de dos maneras: la absorción desde el suelo por medio de las raíces y la fijación de nitrógeno atmosférico a través de los nódulos radicales inducidos por los rizobios. Luego, el nitrógeno es utilizado en funciones metabólicas tales como la división celular estructural, la fotosíntesis y formar parte de la estructura de aminoácidos y proteínas (Zapata et al. 2014). El hecho de que los rizobios vivan en simbiosis con la planta, permite la asimilación

de otros nutrientes como potasio, fósforo, azufre, magnesio y calcio, aunque se requiere que se encuentren en el suelo en abundante cantidad para su incorporación al vegetal (Mora et al. 2019).

Las bacterias rizobios destacan por su eficiencia entre los microorganismos fijadores de nitrógeno asociadas a leguminosas, ya que se pueden vivir en simbiosis con ellas y proveerlas de este nutriente en forma de amonio, al mismo tiempo que toman de la planta la energía requerida para la fijación del mismo elemento desde la fotosíntesis. Al ser un proceso natural que no genera impacto ambiental negativo, este proceso biológico genera grandes beneficios al suelo y al sistema productivo, siendo el responsable del 65% del nitrógeno incorporado por las plantas (Zapata et al. 2014).

Fósforo

El fósforo es esencial para el rendimiento y crecimiento del cultivo de maní, con efecto importante sobre el sistema radicular de la planta, la formación de nódulos, la fijación del nitrógeno atmosférico y la absorción de nitrógeno y potasio, lo que origina que su aplicación en suelos deficientes en este nutriente aumente la producción del rubro (Mouri et al. 2018). El fósforo se encuentra en las plantas de

maní en cantidades relativamente pequeñas, sin embargo, ellas pueden absorberlo desde suelos muy pobres en este elemento. Posee la función de utilizar, acumular y transportar energía y aunque se extrae en cantidades menores en comparación con otros macronutrientes, es considerado el factor principal de productividad del cultivo de maní por su participación en la formación y desarrollo de frutos, donde se acumula más del 70% del fósforo absorbido (Silva et al. 2017).

El fósforo es el segundo macronutriente en importancia en las plantas después del nitrógeno por su intervención en la transferencia de energía durante la oxidación biológica, fotosíntesis, metabolismo, reproducción y división celular (Anzuay et al. 2015). Asimismo, el fósforo restringe el potencial de fijación de nitrógeno del maní ya que es requerido para desarrollar la nodulación y un sistema radicular eficiente, por tanto, es necesario una fuente externa de ambos elementos para un buen rendimiento y crecimiento del cultivo (Moreira-Moreira et al. 2022).

La baja disponibilidad de fósforo en suelos altamente degradados, suele limitar el crecimiento y desarrollo de las plantas, tal es el caso de los suelos rojos, donde se debe aumentar

el nivel de este elemento para mejorar el rendimiento (Chen et al. 2018). Su deficiencia provoca mal cuajado de las vainas y un desarrollo deficiente de las raíces en la planta de maní con la consecuente reducción de la producción, por tanto, el uso de fertilizantes de fósforo en las dosis recomendadas es vital para obtener un rendimiento adecuado.

El fósforo cumple con varias funciones en la fisiología de la planta, incluida la transferencia de energía de leguminosas durante la BFN (fijación biológica de nitrógeno), provocando que las leguminosas generen su propio nitrógeno, por tanto, una deficiencia de fósforo afectaría negativamente los niveles de BFN por la reducción del número de nódulos efectivos (Moreira-Moreira et al. 2022). También se conoce que la función de los rizobios de colonizar la raíz de la planta, formar nódulos y fijar nitrógeno de forma simbiótica en leguminosas se reduce cuando el sistema carece de fósforo, ya que este promueve los sistemas radiculares laterales y fibrosos necesarios para la formación de nódulos, aporta energía para las bacterias y estimula el crecimiento de las raíces (Asante et al. 2020). A nivel fisiológico, los niveles bajos de fósforo afectan la capacidad de las plantas para utilizar la luz solar durante la fotosíntesis, lo que puede provocar daños en el

fotosistema (Carstensen et al. 2018).

Potasio

El potasio es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y es vital para mantener productividad en la agricultura. En el maní, la concentración de potasio es mayor en las etapas iniciales de desarrollo y disminuye en las posteriores, lo que indica que el cultivo lo absorbe a mayor velocidad en las primeras fases de crecimiento (Sanadi et al. 2018). Este nutriente actúa en muchos procesos fisiológicos y metabólicos, incluyendo la fotosíntesis, osmorregulación, transporte de nutrientes, transporte y almacenamiento de carbohidratos, absorción de nitrógeno y síntesis de proteínas y almidón (Raza et al. 2014). También origina beneficios en la translocación de fotosintatos de las hojas a los nódulos de la raíz, el funcionamiento de los estomas y la fijación de nitrógeno (Almeida et al. 2015).

Después del nitrógeno, el potasio es el segundo elemento más absorbido por las plantas y es considerado un macronutriente muy importante por su función de activador enzimático y su capacidad para transferirse en las porciones aéreas desde las partes más viejas a las partes más nuevas. También actúa en el transporte de fotoasimilados en el floema, papel fundamental

en la formación de frutos, ya que la deposición de biomasa va acompañada de la acumulación de potasio. Adicionalmente, es un nutriente necesario para la activación de enzimas que participan en la síntesis de compuestos orgánicos, como el almidón (Silva et al. 2017).

En la mayoría de casos, incluyendo aquellos en suelos con poco contenido de potasio, las respuestas fisiológicas ante este elemento en el cultivo de maní son inferiores a las esperadas debido a su competencia con los niveles de otros cationes, especialmente calcio por su absorción para el desarrollo de las vainas. Al respecto, se ha observado inhibición de la absorción de calcio, magnesio y fósforo por las aplicaciones excesivas de cloruro de potasio (Silva et al. 2017). También se ha señalado la importancia de aplicar fertilización potásica en el cultivo de maní por su efecto en la nutrición, producción, desarrollo y viabilidad económica. La dosis a utilizar de potasio en suelos para el cultivo de maní varía según el sistema de producción y/o rotación del cultivo, el genotipo utilizado y las condiciones climáticas (Almeida et al. 2015).

Azufre

El azufre forma parte de la estructura de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, con funciones importantes en el desarrollo y

crecimiento de las legumbres por su participación en la síntesis de proteínas. También está involucrado en la síntesis de clorofila y metabolitos como el glutatión, la tiamina (vitamina B1) y la biotina, además de la conformación de la proteína enzimática y algo de coenzima A, que es esencial para el metabolismo. El azufre mejora la nodulación en las legumbres, promoviendo el desarrollo reproductivo y la fijación de nitrógeno, aumenta el contenido de azúcar de la semilla, favorece la translocación de carbohidratos a través de la hidrolización de más glucósidos, mejora los sistemas de inmunidad y defensa y es llamado un nutriente maestro para la producción de semillas de oleaginosas. Su deficiencia de se ha generalizado en muchos países, siendo conocido que el uso frecuente de fertilizantes con azufre de baja calidad ha provocado hambre oculta en varios cultivos, principalmente en legumbres (Radwan, 2017).

Calcio

El calcio es un macronutriente muy importantes en el cultivo de maní por su papel destacado en diversos procesos metabólicos y bioquímicos, representando el elemento más crítico en el desarrollo de las vainas y semillas y el factor limitante principal de la producción de maní en varias partes del mundo (Song et al. 2020). El

calcio es un nutriente indispensable para el crecimiento y desarrollo de los frutos y granos de maní, ya que posee un papel importante en la estructura de la pared celular y estabilización de la membrana, la división y extensión celular, el equilibrio catión-anión, la osmorregulación y la modulación de ciertas enzimas. Además, participa en el desarrollo vegetativo y en la fructificación de la planta, aumenta la producción y reduce la aparición de vainas sin semillas, siendo determinante en la calidad y cantidad de las cosechas El calcio también es importante en el maní debido al desarrollo subterráneo de sus frutos y granos. La baja movilidad de este nutriente por floema hace que deba ser absorbido por difusión, directamente desde el suelo y a través del fruto (Kadirimangalam et al. 2022).

La deficiencia de calcio afecta negativamente el desarrollo de las semillas, ocasionando vainas sin llenar, semillas abortadas y mala germinación, reduce la cantidad de granos maduros sanos y la calidad de la semilla al inhibir el desarrollo de las plúmulas en el maní, aumenta la susceptibilidad a las enfermedades y reduce el rendimiento (Kamara et al. 2017). Esta deficiencia de calcio se muestra en parches locales picados en la superficie inferior de las hojas que luego se transforman en manchas

necróticas enormes y el agrietamiento del tallo basal, con la consecuente muerte regresiva de un brote en las últimas etapas de crecimiento (Kadirimangalam et al. 2022).

La aplicación de calcio puede mejorar el impacto del suelo salino en la producción de maní, así como también las comunidades bacterianas de la rizosfera, las cuales están estrechamente relacionadas con la tolerancia a la sal de maní. La aplicación de calcio promueve el desarrollo de la simbiosis con los hongos micorrízicos arbusculares, lo que también origina el crecimiento de plantas bajo estrés salino (Cui et al. 2019).

Fertilidad de los suelos en el cultivo de maní

La fertilidad del suelo es parte esencial para asegurar el rendimiento óptimo del cultivo de maní y aprovechar así la calidad de la semilla (Arnold et al. 2017), ya que la disponibilidad de nutrientes edáficos es un factor que limita la producción en muchos sistemas agrícolas (De Pascale et al. 2017). En este sentido, es necesario tener en cuenta las propiedades del suelo que pueden influenciar en el mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad, a fin de evitar problemas por déficit de nutrientes, enfermedades transmitidas por el suelo o anegamiento y lograr con ello maximizar la

producción de maní.

Propiedades físicas del suelo

El maní es muy sensible a la textura edáfica, desarrollándose muy bien en suelos franco arenosos y totalmente sueltos en la superficie. Los suelos deben permitir la gestión del riego, buen drenaje y mantener condiciones adecuadas para al clavado, el enraizamiento el contenido de materia orgánica y la proporción de residuos superficiales para prevenir enfermedades de las raíces y maximizar los rendimientos (Gelaye & Luo, 2024).

Propiedades químicas del suelo

El cultivo de maní es más sensible que otros cultivos a la salinidad y requiere generalmente de suelos con pH ligeramente ácido a neutro, es decir de 6 a 7 (Mora et al. 2019). En este sentido, la aplicación de enmiendas de biocarbón en suelos cultivados con maní puede elevar significativamente el pH de 5 a 7,15 y provocar así un aumento de la capacidad de intercambio catiónico (75%), el rendimiento de la materia seca (28%) y la retención de humedad, a fin de mejorar la producción de los cultivos (Ngulube et al. 2018).

Propiedades biológicas del suelo

Existe una creciente conciencia entre los

agricultores sobre la importancia del suelo para mantener la producción de cultivos y la salud del suelo (Pukalchik, 2019). Entre las propiedades biológicas edáficas, se conoce que la biomasa microbiana y la emisión de CO₂ tienden a ser más bajas cuando la cantidad de carbono orgánico total del suelo es mínima (Singh et al. 2020). El maní, al igual que otras leguminosas, establece simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que le permite al cultivo fijar el nitrógeno atmosférico y optimizar las dosis de fertilizante nitrogenado (Moreira-Moreira et al. 2022). Por otra parte, los hongos micorrízicos arbusculares desempeñan un rol importante en la nutrición mineral (García et al. 2014).

Concentración de macronutrientes en el cultivo de maní

En el Cuadro 1 se muestra la concentración de

nutrientes en raíz, tallo, hoja y grano de la planta de maní. Se puede observar que el nitrógeno es el macronutriente principal, con una mayor concentración en los granos y menor proporción en las hojas. Por otra parte, el fósforo y el potasio tienen mayor valor en la parte radical y hoja, respectivamente, mientras que el menor contenido se encuentra en el tallo para el fósforo y en la raíz para el potasio.

Las mayores concentraciones de calcio están en el tallo y las del azufre en la raíz; los valores más bajos de estos dos últimos elementos están en el grano para el calcio y en la hoja para el azufre. Los valores muestran que los nutrientes se comportan de forma diferente y no todos se acumulan en un mismo órgano.

Cuadro 1. *Concentración (%) de macronutrientes en la planta de maní.*

Órgano	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Azufre (%)
Raíz	2,96	1,18	2,3	0,93	0,37
Tallo	2,25	0,31	0,83	1,42	0,268
Hoja	1,9	0,47	2,79	1,04	0,12
Grano	4,7	0,45	0,64	0,178	0,173

Fuente: Hirpara et al. (2019)

Aplicación de macronutrientes al cultivo de maní

La aplicación de fertilizantes al cultivo de maní generalmente resulta en la mejora del rendimiento ya que aportan los nutrientes esenciales que desempeñan un papel específico en el crecimiento de la producción, sin embargo, el momento exacto y la dosis de aplicación son de suma importancia para que la planta pueda expresar su máxima potencialidad (Costa et al. 2017). Cabe recalcar que, dentro de una zona climática, las prácticas agrícolas, el tipo y cantidad de fertilizante, el sistema de labranza, el riego y las propiedades inherentes del suelo (textura del suelo, tipo de arcilla y contenido inicial de nutrientes) podrían afectar en gran medida la absorción y eficiencia de nutrientes (Rodrigues et al. 2016).

La adición de macronutrientes al cultivo de maní se realiza por diferentes vías como la aplicación de fertilizantes químicos (Bekele et al. 2019) y orgánicos (Mora et al. 2019) y la inoculación de la semilla y suelos con rizobios (Moreira-Moreira et al. 2022). Como en todas las leguminosas, el maní sólo necesita una pequeña cantidad de nitrógeno debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, sin embargo, en suelos con contenido de nitrógeno de moderado a bajo se requiere un suministro adecuado de fertilizantes nitrogenados para que pueda

obtener un mejor crecimiento y rendimiento, por ello es recomendable una aplicación de 10 Kg/ha de nitrógeno al momento de la siembra (Fagbemigun y Oguntola, 2019). También se ha observado que la aplicación de niveles de fertilizantes entre 40 y 50 Kg de nitrógeno/ha mejora el crecimiento de la planta de maní, evidenciado en incremento de la altura de planta, ramas/planta, índice de área de hojas, grano/vaina, peso de vaina y acumulación de materia seca (Khaleeq et al. 2024). Contrariamente, las dosis muy elevadas de nitrógeno pueden generar un desarrollo de nódulos ineficientes en las leguminosas porque inhiben el BFN (Moreira-Moreira et al. 2022).

Chen et al. (2018) sugieren la aplicación frecuente de biofertilizantes con abonos orgánicos a fin de mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas y así lograr obtener un alto rendimiento agrícola con ausencia de metales pesados. Al respecto, la técnica de compostaje es una de la más implementada porque cambia las propiedades fisicoquímicas de los desechos orgánicos y permite la regulación de la mineralización del nitrógeno (Mahrous et al. 2015). También se ha observado que la incorporación de los abonos orgánicos al suelo cultivado con maní tiene efecto favorable en descriptores agronómicos

como número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento, generando una producción de 1713,7 Kg/ha con fosfoestiercol, 1688,8 Kg/ha con gallinaza, 1626,3 Kg/ha con humus, 1571,3 Kg/ha con compost y 1351,3 Kg/ha con bokashi (Mora et al. 2019).

Por otra parte, la inoculación de leguminosas con rizobios es una alternativa para sustituir el fertilizante nitrogenado mineral, con efecto positivo sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento de las plantas (Asante et al., 2020). Por tratarse de una leguminosa, el maní formará una relación simbiótica con estas bacterias que permitirá la fijación de nitrógeno por las plantas, imprescindible en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el sostenimiento de la producción de los cultivos. De allí que la fertilización orgánica persiga entre sus funciones estimular la simbiosis leguminosa- rizobios para estimular el crecimiento de las raíces y proporcionar así más sitios para la infección y la nodulación (Argaw, 2017). Peralta et al. (2020) señala influencia significativa de la inoculación, ya que establecen interacciones benéficas con las leguminosas, lo que induce a la fijación del nitrógeno atmosférico que promueve la formación de nódulos y reduce así la necesidad de fertilizantes nitrogenados.

Los fertilizantes bióticos a base de microorganismos que pueden solubilizar el fósforo, sintetizar sustancias promotoras del crecimiento, fijar el nitrógeno atmosférico y mejorar la liberación de nutrientes por descomposición de los residuos vegetales para aumentar el contenido húmico del suelo, es un enfoque ambientalmente innovador para el funcionamiento del ecosistema y la gestión de nutrientes. Los inóculos microbianos se encuentran entre los biofertilizantes más comunes, que son aplicados al suelo o las semillas para aumentar el crecimiento de las plantas y la fertilidad del suelo (Radwan, 2017).

En relación a la fertilización con fósforo, se debe aplicar al menos 25 Kg de fósforo/ha ó 60 Kg de óxido de fósforo/ha, puesto que incrementa considerablemente el rendimiento del cultivo de maní (Shuaibu et al. 2019; Shuaibu et al. 2021). También se ha registrado incremento de parámetros con el aumento de fertilizante de fósforo, como el índice de área foliar, materia seca, número de ramas primarias por planta, número de ramas secundarias por planta, número de estacas por planta, número total de vainas por planta, peso de 100 vainas, peso de 100 semillas, porcentaje de descascarado, rendimiento de vainas, rendimiento de semillas, rendimiento de rastrojo e índice de cosecha, con los valores más

altos en dosis de 60 Kg de fósforo/ha (Mouri et al. 2018).

El potasio es uno de los nutrientes más utilizado en Sudamérica y el segundo más consumido por los cultivos (Guareschi et al. 2019). Este elemento tiene un comportamiento muy complejo en el suelo, ya que hay casos en los que se esperarían respuestas obvias a sus aplicaciones, pero se evidencia una ineficacia de la fertilización atribuida a la capacidad que tienen algunos suelos de textura fina para fijar el nutriente (Portela y Abreu, 2018). Almeida et al. (2015), indican mejoramiento del estado nutricional del cultivo de maní, reflejado en el aumento de la producción de grano, al utilizar fertilización potásica en dosis de 120 Kg/ha en rotación con caña de azúcar, afirmando que la aplicación de fertilizante potásico es necesaria para obtener altos rendimientos.

Una parte de los requerimientos de potasio pueden ser suministrados por los residuos de los fertilizantes de cultivos anteriores, lo que permite que se incremente su contenido en el suelo y por ende la absorción (Almeida et al. 2015), sin embargo, se puede aumentar la eficiencia del uso mediante aplicaciones foliares de sulfato de potasio junto con muriato de potasio. La aplicación foliar de sulfato de potasio

no solo reduce el costo del fertilizante, sino que también ayuda a mejorar el rendimiento y la calidad del aceite y las proteínas mediante la absorción eficiente de potasio y azufre (Sanadi et al., 2018). Adicionalmente, se ha observado mayor rendimiento de maní (promedio de 3,0–3,5 Ton/ha) con una aplicación de 75-100 Kg de potasio/ha (Hoang et al. 2019).

El azufre es muy móvil en el suelo, lo que ocasiona la disminución de sus reservas cuando se cultivan sin fertilizantes azufrados durante muchos años. Se puede incorporar al suelo mediante la aplicación de yeso, sin embargo, si se utiliza muy tarde durante la época de crecimiento se puede producir una deficiencia en las plantas evidenciada con aparición de síntomas en todo el campo, como amarilleo pálido de las hojas jóvenes. Además del yeso, el azufre elemental y el sulfato de amonio son buenas fuentes de este elemento (Ariraman y Kalaichelvi, 2020).

Sisodiya et al. (2017) documentaron que la fertilización en maní a través de azufre elemental a 20 mg/Kg de suelo aumenta la absorción de micronutrientes y registra mayor rendimiento en comparación con otras fuentes y niveles de aplicación. Por otra parte, el yeso también es una muy buena fuente de azufre, puesto que

aplicaciones de 60 Kg de azufre/ha mejora significativamente el número de nódulos totales y efectivos y a la vez se incrementa el rendimiento del cultivo de maní (Yadav et al. 2018). Además, la aplicación fraccionada de yeso de 400 Kg/ha aumenta el rendimiento en porcentajes mayores al 30% en relación a plantas de maní no fertilizadas (Kannan et al. 2017).

El suministro de calcio al cultivo de maní persigue dos funciones, como fuente de nutrientes y como neutralizador de la acidez del suelo, siendo la cal (35,5% de calcio) y el yeso (23,3% de calcio y 18,5% de azufre) los productos más utilizados como fertilizantes. Al respecto, se han reportado múltiples beneficios por la fertilización del maní con calcio, como el rendimiento máximo de la producción al utilizar piedra caliza (90% de carbonato de calcio) antes de la siembra en proporción de 1000 Kg/ha, el incremento del rendimiento de vainas utilizando 250-500 Kg yeso/ha, el aumento del rendimiento de vainas en un 13,5% y la producción de materia seca en un 7,3% con la aplicación de yeso a una tasa de 500 Kg/ha y la mejora lineal en el rendimiento con el incremento de yeso la dosis de yeso de 200 a 500 Kg/ha. Además, el suministro de calcio en cantidades apropiadas ayuda a prevenir el hollín negro, disminuye las vainas agrietadas y podridas del maní y la

producción de aflatoxina. También es conocido que la aplicación foliar de calcio mantiene el intercambio de gases en las hojas y el crecimiento de las plantas en maní (Kadirimangalam et al. 2022).

El nitrato de calcio es uno de los fertilizantes con mayor eficiencia en suelos con bajos contenido de calcio, puesto que presenta una alta disponibilidad, además, en combinación con el superfosfato simple se puede utilizar para aumentar la productividad del maní (Mavimbela et al. 2021). En este sentido, Jian et al. (2017), sugieren que en suelos de baja fertilidad se debe incorporar calcio, puesto que la principal contribución del fertilizante cálcico es promover el desarrollo de la raíz interna y la raíz capilar, de modo que el sistema radicular tenga un mejor desarrollo.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica realizada se observó que los macronutrientes son indispensables para el cultivo de maní por el rol específico que cumplen en el metabolismo de las plantas que afecta la producción y el rendimiento. El nitrógeno es el nutriente más importante por su efecto en la estimulación del crecimiento en raíces, ramas y hojas; el fósforo influye sobre el sistema radicular de la planta, la

formación de nódulos, la fijación del nitrógeno atmosférico y la absorción de nitrógeno y potasio; el potasio desempeña un papel importante en la formación de frutos; el azufre forma parte de la estructura de aminoácidos útiles para la síntesis de proteínas y el calcio es el elemento más crítico en el desarrollo de las vainas y semillas y el factor limitante principal de la producción de maní en varias partes del mundo.

Cabe señalar, que el cultivo de maní elimina gran cantidad de elementos edáficos, por tanto, es necesario una fuente externa de macronutrientes para alcanzar el desarrollo rentable, sin embargo, se deben considerar los factores que influyen en su absorción a fin de identificar el tipo y cantidad necesaria para alcanzar rendimientos económicamente adecuados.

REFERENCIAS

- Almeida, H. J., Pancelli, M. A., Prado, R. M., Cavalcante, V. S., & Cruz, F. J. R. (2015). Effect of potassium on nutritional status and productivity of peanuts in succession with sugarcane. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(1), 1–10.
- Anzuay, M. S., Ludueña, L. M., Angelini, J. G., Fabra, A., & Taurian, T. (2015). Beneficial effects of native phosphate solubilizing bacteria on peanut (*Arachis hypogaea* L) growth and phosphorus acquisition. *Symbiosis*, 66(2), 89–97.
- Argaw, A. (2017). Development of environmental friendly bioinoculate for peanut (*Arachis hypogaea* L.) production in Eastern Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6(1), 1-12.
- Ariraman, R., y Kalaichelvi, K. (2020). Effect of Sulphur Nutrition in Groundnut: A Review. *Agricultural Reviews*, 41(2).
- Arnold III, J. A., Beasley Jr, J. P., & Harris, G. H. (2017). Effect of gypsum application rate, soil type, and soil calcium on yield, grade and seed quality of runner type peanut cultivars. *Peanut Science*, 44(1), 13-18.
- Asante, M., Ahiabor, B. D. K., & Atakora, W. K. (2020). Growth, nodulation, and yield responses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as influenced by combined application of rhizobium inoculant and phosphorus in the Guinea Savanna Zone of Ghana. *International Journal of Agronomy*, 2020(1), 1-7.
- Bekele, G., Dechassa, N., Tana, T., & Sharma, J. J. (2019). Effects of nitrogen, phosphorus and vermicompost on groundnut yield in Babile district, eastern Ethiopia. *Agronomy Research*, 17(4), 1532–1546.
- Carstensen, A., Herdean, A., Schmidt, S. B., Sharma, A., Spetea, C., Pribil, M., & Husted, S. (2018). The impacts of phosphorus deficiency on the photosynthetic electron transport chain. *Plant Physiology*, 177(1), 271-284.
- Chen, W., Teng, Y., Li, Z., Liu, W., Ren, W., Luo, Y., & Christie, P. (2018).

Mechanisms by which organic fertilizer and effective microbes mitigate peanut continuous cropping yield constraints in a red soil of south China. *Applied Soil Ecology*, 128, 23–34.

Costa, T., Silva, F., Penha Filho, N., Lopes, N., & Camara, F. (2017). Resposta à adubação de duas cultivares de amendoim em dois sistemas de semeadura. *Agrarian Academy*, 4(8). Disponible en: <https://www.scielo.br/j/aib/a/Rqw6KvGFM6WPgdMqSvQSp4G/?lang=en>

Cui, L., Guo, F., Zhang, J., Yang, S., Meng, J., Geng, Y., & Wan, S. (2019). Synergy of arbuscular mycorrhizal symbiosis and exogenous Ca²⁺ benefits peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth through the shared hormone and flavonoid pathway. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11.

De Pascale, S., Roupheal, Y., & Colla, G. (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 82(6), 277–285.

Fagbemigun, O. V., & Oguntola, E. A. (2019). Effect of organomineral nitrogen starter fertilizer on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Advances in Plants & Agriculture Research*, 9(9), 86–94.

Garcia, K., & Zimmermann, S. D. (2014). The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition. *Frontiers in Plant Science*, 5. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264556765_The_role_of_mycorrhizal_associations_in_plant_potassium_nutrition

Gelaye, Y., & Luo, H. (2024). Optimizing peanut (*Arachis hypogaea* L.) production: genetic insights, climate adaptation, and efficient management practices: systematic review. *Plants*, 13. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/21/2988>

Guareschi, R. F., Boddey, R. M., Alves, B. J. R., Sarkis, L. F., Martins, M. D. R., Jantalia, C. P., & Urquiaga, S. (2019). Balanço de nitrogênio, fósforo e potássio na agricultura da América Latina e o Caribe. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 105–119.

Hirpara, D. V., Sakarvadia, H. L., Jadeja, A. S., Vekaria, L. C., & Ponkia, H. P. (2019). Response of boron and molybdenum on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under medium black calcareous soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 671–677.

Hoang, T. T. H., Do, D. T., Do, T. N., Mann, S., & Bell, R. W. (2019). Partial potassium balance under irrigated peanut crops on sands in a tropical monsoonal climate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 114(1), 71–83.

Jian-Guo, W., Hao, Z., Lin, L. I., Deng-Wang, L., Hao, Z., Shu-bo, W., & Shan, L. (2017). Effects of different calcium fertilizer gradients and film mulching on root morphological development and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in red soil under calcium deficiency. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 39(6), 820.

Kadirimangalam, S. R., Sawargaonkar, G., &

- Choudhari, P. (2022). Morphological and molecular insights of calcium in peanut pod development. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9(5). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360728054_Morphological_and_molecular_insights_of_calcium_in_peanut_pod_development
- Kamara, E. G., Olympio, N. S., Asibuo, J. Y., Kabbia, M. K., Yila, K. M., & Rahman Conteh, A. (2017). Effect of calcium and phosphorus fertilizer on seed yield and nutritional quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Agriculture and Forestry*, 7(6), 129–133.
- Kannan, P., Swaminathan, C., & Ponmani, S. (2017). Sulfur nutrition for enhancing rainfed groundnut productivity in typical alfisol of semi-arid regions in India. *Journal of Plant Nutrition*, 40(6), 828-840.
- Khaleeq, K., Farkhari, Z., Amini, A. M., Ahmadi, A., Samim, M., Ashraf, M. A., & Frotan, S. (2024). Effects of Nitrogen Application on Growth and Yield of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Northeast Agro-Ecology of Afghanistan. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 3(2), 9–12.
- Laghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Laghari, A. H., Bhabhan, G. M., K.H.Talpur, & Lashari, A. . (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209–218.
- Mahrous, N. M., Safina, S. A., Abo Taleb, H. H., & El-Sayed El-Behlak, S. M. (2015). Integrated use of organic, inorganic and bio fertilizers on yield and quality of two peanut (*Arachis hypogaea* L.) Cultivars Grown in a Sandy Saline Soil. *J. Agric. & Environ. Sci*, 15(6), 1067–1074.
- Mavimbela, Z. P., Mabuza, M., & Tana, T. (2021). Growth and Yield Response of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to Inorganic Fertilisers at Luyengo, Middleveld of Eswatini. *Asian Plant Research Journal*, 7(4), 18-28.
- Mondal, M., Skalicky, M., Garai, S., Hossain, A., Sarkar, S., Banerjee, H., & Laing, A. M. (2020). Supplementing nitrogen in combination with rhizobium inoculation and soil mulch in peanut (*Arachis hypogaea* L.) production system: Part II. Effect on phenology, growth, yield attributes, pod quality, profitability and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 10(10), 1513.
- Mora, R., Rodriguez, D., Ramirez, J., Calderon, J., Salinas, T., Michay, G., Zaruma, R., & Espinoza, P. (2019). Impacto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo *Arachis hipogea* L. en Orianga, provincia de Loja, Ecuador. In *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 69–82.
- Moreira-Moreira, José Jahir Reyna-Alarcón, C. A., & Zambrano-Gavilanes, F. (2022). Bacterias simbióticas en el cultivo de maní: una revisión. *PAIDEIA XXI*, 12(2), 357–372.
- Mouri, S., Sarkar, M., Uddin, M., Sarker, U., Kaysar, M., & Hoque, M. (2018). Effect of variety and phosphorus on the yield components and yield of groundnut. *Progressive Agriculture*, 29(2), 117–126.

- Ngulube, M., Mweetwa, A. M., Phiri, E., Njoroge, S. M. C., Chalwe, H., Shitumbanuma, V., & Brandenburg, R. L. (2018). Effects of biochar and gypsum soil amendments on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) dry matter yield and selected soil properties under water stress. *African Journal of Agricultural Research*, 13(21), 1080-1090.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). FAOSTAT. Cantidades de producción de Maní (cacahuete) con cáscara por país. Promedio 1994 - 2019
- Patel, M., Rangani, J., Kumari, A., & Parida, A. K. (2020). Mineral nutrient homeostasis, photosynthetic performance, and modulations of antioxidative defense components in two contrasting genotypes of *Arachis hypogaea* L. (peanut) for mitigation of nitrogen and/or phosphorus starvation. *Journal of Biotechnology*, 323, 136–158.
- Peralta, J. M., Travaglia, C. N., Romero-Puertas, M. C., Furlan, A., Castro, S. & Bianucci, E. (2020). Unraveling the impact of arsenic on the redox response of peanut plants inoculated with two different *Bradyrhizobium* sp. strains. *Chemosphere*, 259(1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342349695_Unraveling_the_impact_of_arsenic_on_the_redox_response_of_peanut_plants_inoculated_with_two_different_Bradyrhizobium_sp_strains
- Portela, E., & Abreu, M. M. (2018). Fixação do potássio nos solos portugueses. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 569-591.
- Pukalchik, M., Kydralieva, K., Yakimenko, O., Fedoseeva, E., & Terekhova, V. (2019). Outlining the potential role of humic products in modifying biological properties of the soil—a review. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 80. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333652238_Outlining_the_Potential_Role_of_Humic_Products_in_Modifying_Biological_Properties_of_the_Soil-A_Review
- Purbajanti, E. D., Slamet, W., Fuskhah, E., & Rosyida. (2019). Effects of organic and inorganic fertilizers on growth, activity of nitrate reductase and chlorophyll contents of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250(1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332231897_Effects_of_organic_and_inorganic_fertilizers_on_growth_activity_of_nitrate_reductase_and_chlorophyll_contents_of_peanuts_Arachis_hypogaea_L
- Radwan, T. (2017). Evaluation of elemental sulphur application with rhizobia inoculation on peanut yield and its quality grown in sandy soil at Egypt. *Egyptian Journal of Botany*, 57(1), 217-240.
- Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Shah, G. M., Khan, I. H., & Raza, A. (2014). Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(2), 348–364.

- Rengifo-Ruiz, O., Pantoja-Díaz, J. D., Samboni-Porras, S., Vargas-Zuleta, V., & Ramírez-Navas, J. S. (2021). Crema de maní: elaboración y características nutricionales. *La Alimentación Latinoamericana*, 35(5), 60–68.
- Rodrigues, M., Pavinato, P., Withers, J., Teles, A., & Herrera, W. (2016). Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. *Science of The Total Environment*, 542, 1050–1061.
- Sanadi, U., Math, K. K., Bi, B., & Yenagi, B. S. (2018). Effect of potassium nutrition on yield, quality and economics in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in a Vertisol. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 220–222.
- Shuaibu, Y. M., Kawure, S., & Bala, R. A. (2019). Influence of season, variety and phosphorus fertilization on herbage yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Bauchi State Nigeria. *Sustainable Food Production*, 5, 1-5.
- Shuaibu, Y. M., Sabo, M. U., & Isah, Y. (2021). Effects of phosphorus fertilization and plant spacing on herbage yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Bauchi State, Nigeria. *Journal of Bio-agriculture*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349564514_Effects_of_Phosphorus_Fertilization_and_Plant_Spacing_on_Herbage_Yield_of_Groundnut_Arachis_hypogaea_L_in_Bauchi_State_Nigeria
- Silva, E. D. B., Ferreira, E. A., Pereira, G. A. M., Silva, D. V., & Oliveira, A. J. M. (2017). Peanut plant nutrient absorption and growth. *Revista Caatinga*, 30(3), 653–661.
- Singh, N., Joshi, E., Sasode, D., Dangi, R. S., & Chouhan, N. (2020). Soil fertility, macro and micro nutrient uptake and their use efficiencies under integrated nutrient management in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 1983–1987.
- Sisodiya, R. R., Babaria, N. B., Parmar, T. N., & Parmar, K. B. (2017). Effect of sources and levels of sulphur on yield and micronutrient (Fe, Mn, Zn and Cu) absorption by groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(32), 4465-4467.
- Song, Q., Liu, Y., Pang, J., Yong, J. W. H., Chen, Y., Bai, C., Gille, C., Shi, Q., Wu, D., Han, X., Li, T., Siddique, K. H. M., & Lambers, H. (2020). Supplementary calcium restores peanut (*Arachis hypogaea*) growth and photosynthetic capacity under low nocturnal temperature. *Frontiers in Plant Science*, 10(January), 1–15.
- Torres, J. M. (2020). Nutritional and economic importance of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 112–125.
- Yadav, N., Yadav, S. S., Yadav, N., Yadav, M. R., Kumar, R., Yadav, L. R., & Sharma, O. P. (2018). Growth and productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under varying levels and sources of sulphur in semi-arid conditions of Rajasthan. *Legume Research: An International Journal*, 41(2), 293-298.
- Zapata, N., Vargas, M., Gerding, M., & Chandía,

M. (2014). Inoculación de maní (*Arachis hypogaea* L.) con diferentes cepas del género *Bradyrhizobium* y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences* 30(1), 57–64).