

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

# Debates

sobre **Innovación**

ISSN: 2594-0937

Jul-Sep 2024

VOL.8 NÚM.3

NÚMERO ESPECIAL  
MEMORIAS CONGRESO CICA 2024



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA  
Unidad Xochimilco



MEGI  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN  
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,  
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 8, Número 3, jul-sep 2024, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14387, Ciudad de México y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Teléfono 55 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <https://revistadebates.xoc.uam.mx/index.php/debinovacion/issue/view/17> y dirección electrónica: [noticiaslalics@gmail.com](mailto:noticiaslalics@gmail.com) Editor responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título No. 04-2022-101113015800-102. ISSN 2594-0937, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Mtra. Gloria Magdalena González Trejo, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: 30 de septiembre de 2024 Tamaño del archivo: 3.5 MB Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

# ASOCIACIÓN DE CULTIVOS: CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) COMO BASE

Autor 1

Calderón-Ruiz Alberto

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Dirección Agroalimentaria, México

E-mail: [acalderonr@utsoe.edu.mx](mailto:acalderonr@utsoe.edu.mx)

Autor 2

Martínez-Camacho Adriana Paola

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Dirección Agroalimentaria, México

E-mail: [a.martinez@utsoe.edu.mx](mailto:a.martinez@utsoe.edu.mx)

## Resumen

La creciente demanda mundial de alimentos requiere estrategias innovadoras para aumentar la productividad agrícola. La asociación de cultivos, una técnica que consiste en cultivar dos o más especies en el mismo terreno, ha demostrado ser prometedora para intensificar el uso de la tierra y maximizar los recursos. Esta práctica aumenta la productividad al aprovechar mejor los recursos disponibles, minimizar los riesgos y reducir la competencia de malezas. Factores como la elección de cultivos compatibles, la densidad de siembra y el momento adecuado son cruciales para el éxito de la asociación. La asociación de cultivos de la familia Poaceae (gramíneas) con Fabaceae (leguminosas) es una práctica común y beneficiosa a nivel mundial. En este contexto, se propone el cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) como un cultivo primario ideal para la asociación, respaldado por investigaciones previas que destacan sus ventajas en sistemas de cultivo mixtos.

**Palabras Clave:** Asociación de cultivos, *Arachis hypogaea* L., densidad de siembra.

## ABSTRACT

The global demand for food is growing, and we must develop innovative strategies to increase agricultural productivity. Intercropping is a proven technique for intensifying land use and maximising resources. This practice increases productivity by making better use of available resources, minimising risks and reducing weed competition. The choice of compatible crops, sowing density and timing are crucial for the success of the association. The association of crops from the family Poaceae (grasses) with Fabaceae (legumes) is a common and beneficial practice worldwide. In this context, groundnut (*Arachis hypogaea* L.) is the ideal primary crop for the association, supported by previous research that highlights its advantages in mixed cropping systems.

**Keywords:** Crop association, *Arachis hypogaea* L., density.

## 1. Introducción

El cacahuete o maní (*Arachis hypogaea* L.) es una leguminosa anual alimentaria, es uno de los principales cultivos oleaginosos de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. El fruto del cacahuete ha alcanzado una relevancia mundial y es cultivo comercialmente tradicional para los campesinos (Shiyam,2010). El cultivo de cacahuete se valora por el grano (cacahuete), fuente importante de aceite comestible (44-50%) y proteínas (24-35%), y numerosos nutrientes (complejo B como: tiamina, riboflavina, nicotina y vitamina A) y minerales (calcio, hierro) (Baraken et al ,2016). Lo cual lo convierte en la cuarta fuente más importante de aceite vegetal comestible del mundo y la tercera fuente más importante de proteína vegetal, es con mucho la especie económicamente más importante del género *Arachis* (Sampson et al., 2021). Se cree que proviene de dos ancestros silvestres *Arachis duranensis* y *Arachis ipaensis* (Bertioli et al., 2015). Se cultiva en 48 países, en México ocupa 15 mil agricultores aproximadamente, en una superficie anual promedio de 55 mil hectáreas, los estados que destacan es Chihuahua, Sinaloa, Chiapas, Puebla y Oaxaca (SILSG,2019). Pero el cultivo se puede adaptar a otros estados como lo es Zacatecas, Aguascalientes y Veracruz y Guanajuato.

La producción agrícola se basa principalmente en sistemas de cultivo de lluvia y sigue siendo vulnerable a los cambios climáticos (Sinare et al., 2021). Más de 15 millones de personas dependen sus alimentos a la agricultura de subsistencia, fuertemente dominada por cereales, legumbres, tubérculos y algunos cultivos de la región (Sanou et al., 2016). En México, la investigación agrícola ha abordado exclusivamente al agroecosistema más productivo y lo cual ha desatendido a la agricultura marginal y se ha ignorado a la etnoagricultura y agricultura alternativa. Estas pueden tener un linaje de la agricultura científica, ser económica viable y ser menos agresiva en contra del ecosistema (Turrent-Fernández, 2005). Existe la necesidad de sistemas de cultivo innovadores o mejorados que permitan una producción agrícola intensiva y sostenible para proporcionar más alimentos a una población en crecimiento mediante el uso de una menor cantidad de recurso especialmente del recurso hídrico.

El uso de policultivos en la agricultura, generalmente se le conoce como "sistema de cultivos intercalados", cuya forma de cultivo múltiple en el que dos o más cultivos ocupan simultáneamente un mismo espacio (terreno), y el cual se basa en el conocimiento tradicional en las mezclas de cultivos cuidadosamente seleccionadas que se caracterizan por un mayor rendimiento (Bracken, 2019). Una forma de policultivo, es la asociación de cultivos (AC), que consiste en el crecimiento y desarrollo de dos o más especies en el mismo terreno, durante, parte o todo el ciclo vegetativo (Pérez-López, 2013). Es una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica, que provoca una relación competitiva y complementaria (Muñoz, 2018). En un sistema competitivo es más eficiente cuando el rendimiento del cultivo intermedio no es tan significativo como el cultivo principal, además, cuando la interacción competitiva es mayor surge una penalización de rendimiento de los cultivos asociados, en este caso el monocultivo sería más rentable (Zhang et al., 2011). Existen dos mecanismos que contribuyen a la complementariedad: 1) la partición de recursos (diferencia de nicho): consiste en la utilización más completa de los recursos disponibles. y B) la facilitación: se refiere a los procesos por los cuales, una especie proporciona un recurso limitante o mejora la condición ambiental de la otra especie (Bybee-Finley and Ryan, 2018). Por ejemplo, las primeras etapas de crecimiento de los cultivos pueden ser complementarias para la radiación solar, pero eventualmente, se vuelven competitivas en las etapas posteriores de crecimiento.

El cultivo intercalado especialmente de la familia Poaceae con Fabaceae es usado en muchos países por el aumento del rendimiento comparado con el monocultivo (Lithourgidis et al., 2006). Por otro lado, cuando se mezclan monocotiledóneas con dicotiledóneas en un policultivo, el rendimiento (masa seca cosechada) es mayor que cuando se cultivan solas (Bracken, 2019). Sin embargo, los cultivos intercalados o la asociación de cultivos como también se le conoce, se practican para maximizar la eficiencia de los recursos naturales y el rendimiento monetario (Yin et al., 2017). Muchos de los agricultores en todas las partes del mundo, se ven gravemente afectados por la escasez de recursos (por variación en el clima, suelo, la economía, y las estructuras locales) y los espacios (sobre población). Se ha demostrado que la asociación de cultivos es una posible forma de aumentar la productividad y el rendimiento (Jensen-Carlsson, & Haugaard-Nielsen, 2020).

Los agricultores generalmente toman decisiones sobre las tecnologías que deben adoptarse basándose en el cálculo del costo, el uso de agua, el riesgo y el rendimiento (García,2017). En las quintas pequeñas, los agricultores cultivan como un riesgo minimizando las medidas contra la pérdida total de cosechas y para obtener diferentes productos para aprovechar la comida, pienso, los ingresos, etc. de su familia. Por eso, la asociación de cultivos es una estrategia atractiva para aumentar la productividad y la utilización de la mano de obra por unidad de área de tierra disponible (Hu et al.,2016). El cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) tiene un buen rendimiento en el sistema AC, pero asociados a cultivos de corta duración. esto se debe que los cultivos de corta duración tienen menor efecto de sombreado (Hussainy, Brindavathy and Vaidyanathan, 2020). Por lo tanto, el cacahuate dentro de los sistemas de AC debe de ser entendido, divulgado y practicado en la comunidad agrícola para que se pueda adoptar.

## 2. Metodología

### Búsqueda de información

En el presente estudio se realizó una recopilación y análisis de distintas fuentes de información gratuita, haciendo uso de la herramienta de google académico, de estas se pudieron consultar:

- Revistas académicas de libre acceso
- Bibliotecas digitales libres, revistas científicas de indexación como: SCOPUS, SCIELO, REDALYC.
- Actas de congresos o seminarios
- Boletines informativos en base a la relación del tema de búsqueda
- Entre otros.

El trabajo monográfico se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por Lipiante (2007), quien menciona la realización de las siguientes etapas:

1. **Elección del tema:** se seleccionó como tema “El cacahuate como base en la producción agrícola” por ser delimitable; realista, en función a la bibliografía disponible; y por el dominio metodológico del autor.
2. **Motores de búsqueda:** se realizó la exploración de los artículos de interés en los buscadores electrónicos que proveen de información científica, almacenes de publicaciones periódicas y en portales libres de búsqueda.
3. **Preparación de la bibliografía:** se realizó el análisis de la información y la elaboración de la bibliografía, discriminando los artículos de acuerdo al grado de competencia con el tema y su importancia científica.
4. **Estructura de la monografía:** la estructura general que se pudo obtener fue la siguiente: (1) La asociación de cultivos (AC), (2) Consideración en el sistema AC, (3) Índices de maduración en el AC, (4) Compatibilidad de los cultivos en el AC, (5) La densidad de plantación en el sistema AC, (6) Fecha de plantación en el sistema AC (7). Los beneficios actuales de AC, (7) El rendimiento de AC con el cacahuate

## 4. Resultados y discusiones

### La asociación de cultivos (AC)

La asociación de cultivo (AC) se define a la práctica agrícola de cultivar dos o más cultivos en el mismo espacio al mismo tiempo, que también se le denomina cultivo intercalado, policultivo o cultivo mixto (Anil et al., 1998; Bedoussac et al. 2015). La razón de tener plantación conjunta de distintos cultivos es para aumentar la producción de cultivos y la eficiencia de la tierra, así como una estrategia para mitigar el riesgo de pérdida de la cosecha. Siendo un componente esencial de

los sistemas de producción agrícola a pequeña escala. La estabilidad de productividad y rendimiento en la AC; se ha demostrado que reducen el riesgo de pérdida de cultivos, al aumentar la estabilidad del rendimiento a lo largo del tiempo (Bybee-Finley et al., 2016; Raseduzzaman, 2017; Maitra et al., 2021). También, ofrece una eficiencia biológica al reducir el riesgo de ataque de insectos y enfermedades, un beneficio que explica de manera parcial el aumento del rendimiento y la estabilidad del rendimiento (Zhu et al., 2000; Blanco-Valdés, 2016; Borg, 2017; Zhang et al., 2019; Maitra et al., 2021). Por otro lado, la AC reduce malezas eficazmente mediante el aprovechamiento de los recursos disponibles, por ejemplo: luz, nutrientes, y el agua (Yin et al., 2015), en comparación de los cultivos si se establecen por separado, reduciendo así la cantidad de recursos disponibles para las malezas (Zhu et al., 2000; Borg, 2017; Maitra et al., 2021). De manera biológica la AC, mejora la disponibilidad del nitrógeno del suelo, mejorando su calidad y concentrando el carbono del suelo (Cong et al., 2015; Jensen-Carlsson, & Hauggaard-Nielsen, 2020). Además de aumentar la eficiencia de fósforo (Tang, Zhang, Yu et al., 2021), la disminución de emisiones del CO<sub>2</sub> (Yang et al., 2018). Por lo tanto, el cultivo asociado más utilizado en el mundo, es la mezcla de un cereal y una leguminosa (Li et al., 2020 a, b). Por lo que, la asociación de cultivos puede desempeñar un aspecto importante en la intensificación de la agricultura sustentable (Tilman, 2020).

### Consideración en el sistema AC

En la agricultura ecológica, la técnica agroecológica AC permite tener varios productos al mismo tiempo, tener beneficios en el rendimiento, resistir plagas y enfermedades, y el aumento a la biodiversidad en general, entre muchos más beneficios (Blanco-Valdés, 2016). Sin embargo, la AC requerir muchos conocimientos y probablemente requiera una mayor comprensión de la ecología y la interconexión entre los cultivos y su entorno para aprovechar plenamente los beneficios potenciales (Bybee-Finley and Ryan, 2018).

La práctica ecológica de AC para ser exitosa, necesita varias consideraciones antes y durante su establecimiento. Maitra et al., (2020) encontraron que la plantación conjunta, afecta el crecimiento vegetativo de los cultivos; por lo que, se debe considerar los recursos espaciales, temporales y físicos. La AC económicamente viable, depende en gran medida del patrón de siembra y la selección de cultivos a establecer (Yin et al., 2017). El diversificar los cultivos podría adoptarse como una estrategia para la generación de empleo durante todo el año y también maximizar el beneficio a través de las ganancias mediante la relación de sustitución y precio de los productos (De y Chattopadhyay, 2017). En la AC de Poáceas y Fabáceas, el potencial para proporcionar nitrógeno (N) depende de la densidad del cultivo y los nutrientes (Maitra et al., 2020). El elegir los cultivos compatibles es de suma importancia para el mejor establecimiento conjunto de cultivos asociados. Esta elección depende del hábito de crecimiento de las plantas, el espacio, aprovechamiento de luz solar, el agua y el aprovechamiento de fertilizantes externos expuestos en el sistema (Yin et al., 2017; Jensen, Carlsson, & Hauggaard-Nielsen, 2020). Bedoussac et al., (2015) mencionan que los cultivos asociados de leguminosa y cereales aumentan la fijación de N por las leguminosas.

En la asociación de sorgo y cacahuete, fríjol chino, se redujo las necesidades de fertilizantes nitrogenados de 30-84 kg/ha cuando se rota el cultivo del trigo (Gosh et al. 2007). Ghanbar et al, (2010) hacen mención que las asociaciones de cultivos de diferentes especies en ocasiones aumentan o limitan el crecimiento. Los diferentes tiempos de siembra de los cultivos, es un componente de éxito en el sistema AC, ya que mejora la utilización de los recursos y reducen la competencia (Sanderson, 2013). La combinación de maíz (*Zea mays*) con fríjol chino (*Vigna unguiculata* L.) mejora la interceptación de luz en el sistema AC que cuando se tiene como monocultivo el maíz (Ghanbari et al., 2010). Chandrika et al, (2001), menciona cuando hay una AC de cacahuete con frijol de palo (*Cajanus cajan*) en relación (7:1) se obtienen mejores rendimientos y gran número de vainas (cacaahuates), que si se asocian en una relación (1:7). En la combinación del cacahuete y el frijol de palo tuvieron las mayores ventajas relativas en el rendimiento del maíz (Mupangwa et al., 2021). Un estudio llevado a cabo por Ahlawat et al.,

(2005), afirma que el rendimiento de los cultivos en el AC aumento hasta un 55% en comparación, cuando se cultivan solos.

### **Índices de maduración en el AC**

La competencia asimétrica en la AC, es una preocupación importante cuando se intercalan cultivos de diferentes tiempos duración de madurez, ya que los factores abióticos (Clima, topografía, nutrientes disponibles del suelo) y factores bióticos (plagas, enfermedades o malezas particulares) pueden influir en las capacidades relativas de las especies de cultivos (Sanderson et al., 2013). Por lo que, se debe de elegir cultivos de diferente duración de madurez, ya que un cultivo de maduración rápida completa su ciclo de vida antes del que comience el período de maduración del cultivo principal. La selección de cultivos o las variedades con diferentes tiempos de madurez también puede ayudar a la cosecha escalonada y a la separación de los productos (Chai et al., 2014). Por esto, el momento de la máxima demanda de nutrientes de los cultivos que conforman la AC, deberán ser diferenciados. Los cultivos que maduran en diferentes momentos, separados por periodos de su máxima demanda de nutrientes, humedad, espacio, y competencia solar, podrían asociarse adecuadamente (Muñoz, 2018). Por ejemplo, en una asociación de cultivo de maíz - judía Mungo o soja verde (*Vigna radiata*), la demanda máxima del maíz es de 60 días aproximadamente después de la siembra, mientras que para el frijol en ese periodo está listo para su cosecha. (Reddy y Reddi, 2007). Lo mismo ocurre en la asociación cacahuete-maíz, cuando el cultivo primario es el cacahuete, su ciclo de máxima demanda es a los 90-110 días, periodo el cual el maíz está listo para su cosecha en fresco (Wibisana et al., 2017; Sánchez-Domínguez et al., 2006). En algunos países se pueden encontrar la AC de cacahuete con otras especies; por ejemplo, con el mijo perla (*Pennisetum glaucum*), mijo dedo (*Eleusine coracana*) y el sorgo (*Sorghum*) (Ghosh, 2004).

### **Compatibilidad de los cultivos en el AC**

La plantación conjunta de cultivos, probablemente requiera una mayor comprensión de la ecología y la interconexión entre los cultivos y su entorno para aprovechar plenamente los beneficios potenciales que ofrece (Bybee-Finley and Ryan, 2018). Ya que en estas interconexiones los cultivos que se asocian, pueden presentar interconexiones de diferentes efectos. Como lo es el efecto amensálistico, donde una especie da efecto negativo a otra especie, este efecto puede ser neutro o con afectación en su desarrollo, por ejemplo, no se pueden asociar plantas de la familia *Amaryllidaceae- brassicaea*. Otra interconexión que se puede mostrar, es el efecto mensalístico, que se refiere al efecto positivo para ambas especies asociadas y es el que se para que ambas especies puedan aprovechar al máximo las condiciones ofrecidas en el momento. Por otro lado, pueden presentar efecto monolístico donde el efecto a una especie es positivo y para la otra especie el efecto es negativo o el menos recomendable efecto inhibitorio en cual consiste en que el efecto para ambas especies es negativo y por ende no hay desarrollo de estas (Willey,1979). Por ejemplo, el nogal negro (*Juglans nigra* L.) produce la juglona química que tiene un efecto alelopático en diferentes especies de cultivos (Holzmueller et al., 2018). Los extractos acuosos de hojas de Piñón (*Jatropha curcas*) inhiben la germinación y retardan la longitud de los brotes y raíces en el chile (*Capsicum annum* L.) (Rejila and Vijayakumar, 2011). Para avanzar en la práctica, los experimentos que prueban los efectos de la asociación de cultivo deben usar una metodología estandarizada, y los investigadores deben informar un conjunto de criterios comunes para facilitar las comparaciones entre estudios (Bybee-Finley and Ryan, 2018). Dado que el tener dos o más especies establecidas en un mismo espacio, existen diferentes interconexiones; por lo cual, existe una inmensa variación y de esta variación depende el éxito del sistema AC, la densidad de plantación, la competencia por la captación de luz y nutrientes entre las plantas reducen el rendimiento en sistemas de monocultivo. La competencia entre las plantas se puede disminuir no solo por la disposición espacial, sino eligiendo los cultivos que mejor puedan aprovechar los nutrientes del suelo (Yang et al., 2018). Vélez et al., (2007), en la AC de maíz con frijol, estas se benefician mutuamente, por la similitud de condiciones de desarrollo, tiempo de siembra y cosecha condiciones que las hace que sean cultivables en asociación. Tanto el maíz como los frijoles requieren de tierra fértil y bien drenada, ambos demandan alta incidencia solar, pero se ajusta a una buena AC. En cuanto a la asociación del maíz -cacahuete se han realizado algunos estudios (Mustapha et al 2016; Wibisana 2017; Y. A. A. Hefny et al., 2017; Torres et al. 2018, kabambe et al., 2018) que reflejan la adecuada

asociación de estas especies. Por otro lado, Chai et al., 2014 menciona que la AC maíz-trigo (*Triticum spp*), maíz-canola (*Brassica napus*), maíz-chicharo (*Pisum sativum*) y soja (*Glycine max*)-trigo muestran claramente que el maíz es el sistema de cultivo más eficaz y sostenible. al igual que la AC de maíz-soya (Mandal et al., 2014). También, se han mostrado que el maíz se relaciona favorable en las siguientes combinaciones maíz- frijol chino y maíz-camote (*Ipomoea batatas*) (Oyeogbe, A. (2021).

En el sistema de AC, la alteración o modificación en el arreglo topográfico de plantación y espaciamiento son de importancia en relación a la elección de los cultivos. En un sistema de AC de mijo perla (*Pennisetum glaucum*)-garbanzo (*Cicer arietinum*), la siembra en hileras emparejadas dio como resultado un mayor rendimiento que la siembra en hileras uniformes (Kumar et al., 2018). Cuando el cacahuete se asocia con cultivos como la higuera o ricino (*Ricinus communis*) se obtiene un mayor rendimiento de grano por parte del ricino (Srilatha et al., 2002). Sin embargo, se obtienen incrementos monetarios (Ganvir et al., 2006). En estos trabajos se identificó que en la AC se incrementó el tamaño del ricino, pero se redujo el tamaño de sus cápsulas y el peso de grano por planta. Por otro lado, un estudio llevado por Jadav et al., (2007) la misma asociación de cacahuete e higuera, el cacahuete obtuvo un rendimiento mayor.

### **La densidad de plantación en el sistema AC**

Una correcta población de plantas por unidad que se produce, conduce un rendimiento seguro (Manasa et al., 2018). El número de plántulas de cada cultivo en la mezcla correspondiente a la AC, se ajusta por debajo de la densidad óptima de cada especie de cultivo establecido. A razón de que sí se plantaran las proporciones completas de cada cultivo, ninguno de los dos rendiría debido a la intensidad de aglomeración. Al reducir la densidad de plantas en cada uno, las especies tienen la posibilidad de rendir bien dentro de la mezcla. Por eso, AC en el campo agrícola proporciona a los agricultores una forma de seguro: “todavía hay algo que cosechar, si uno de los cultivos falla”.

El reto consiste en saber cuánto reducir la densidad de población. La modificación en el patrón de siembra. Se sabe que el rendimiento en el AC se mide utilizando algunas funciones de competencia como lo es el rendimiento relativo total (RRT); una técnica para evaluar estadísticamente la importancia relativa de la competencia intra e interespecífica en la estructuración de los conjuntos en un sistema (Bracken,2018), el valor relativo total, la ventaja monetaria y la comparación del rendimiento equivalente producido como monocultivo el cultivo base. El estudio llevado por Mandal et al, (2014) identifican que el rendimiento del maíz (RRT) es de 5.48 t/ha bajo el sistema AC maíz- soya en relación (1:2) respectivamente. En comparación a 2.48 t/ha en el maíz cultivado solo, lo que indica una ventaja de la AC en el rendimiento. Por otro lado, Manasa et al, (2020), refiere que el rendimiento equivalente de maíz fue de 7.5 t/ha cuando hay una intercalación en hileras de maíz-cacahuete (2:2) en comparación al rendimiento de maíz establecido monocultivamente 5.7 t/ha. Por otro lado, Mahallati et al., (2015) y Maitra, (2020), surgieron que el cultivo por franjas de maíz-frijol ha mostrado una mejora en la captación de radiación solar en comparación cuando los cultivos se producen monocultivamente. Un estudio llevado por Batlang y Shushu (2007) la AC de cacahuete-girasol (*Helianthus annuus*) en relación de plantación 1:1 o 1:2, no hay ningún efecto adverso sobre el crecimiento, y los parámetros de rendimiento en la producción de girasol. El estudio realizado por Arunkumar et al., (2017), muestra el cultivo de cacahuete es significativamente mayor cuando se asocia con el maíz o frijol de palo. El rendimiento del cacahuete asociado incremento un 150% y 148 % respectivamente. En esta asociación la productividad del sistema, incremento en los ingresos económicos netos (Jat and ahlawat, 2010). En la asociación de ajonjolí (*Sesamum indicum*) y cacahuete a una relación de 3:1 aumenta el rendimiento en comparación con la relación 1:2 y la 1:3. (Mahale et al., 2008).

### **Fecha de plantación en el sistema AC**

La fecha de siembra define las condiciones ambientales a las que estará expuesto el cultivo en momentos clave de su ciclo de desarrollo (periodo crítico en el rendimiento y componentes de calidad). De hecho, diferentes fechas de siembra pueden someter al cultivo a diferentes condiciones en sus estados fenológicos, dependiendo de la temperatura, radiación y duración del día (Alberio, Izquierdo y Aguirrezábal, 2015). Es importante hacer coincidir los períodos críticos

de cada cultivo expuestos en la AC. La selección de diferentes fechas de siembra requiere una selección coherente de la densidad y el genotipo de la planta para maximizar el uso de los recursos ambientales durante la temporada de desarrollo. Un estudio por Wibisana et al., (2017), compararon la AC de maíz-cacahuete a diferentes fechas de plantación con el objetivo de examinar la transferencia de nitrógeno. El mejor tratamiento AC, fue cuando se siembra el cacahuete dos semanas después que el maíz el cual se obtuvo un rendimiento de 4.04 t/ha. Mandimba, (1995), indica que la porción de (1:4) maíz-cacahuete equivale aplicación de 96 kg de fertilizante N/ ha. por otro lado, Dutra et al. (2015) cuando se asocia la higuera-cacahuete, este último entre los 15-20 días tiene una mejor capacidad competitiva con el primero.

### Los beneficios actuales de AC

- A) **Optimizar recursos.** Una de las principales razones en los mayores rendimientos en la AC, es que los cultivos que los componen pueden utilizar los recursos naturales de manera diferente y hacer un mejor uso general de los recursos naturales que los que se cultivan por separado (Jensen, Carlsson, & Hauggaard-Nielsen, 2020). Generalmente, se ha observado un mayor rendimiento cuando los cultivos asociados no compiten entre sí por los mismos recursos. En otras palabras, se dice que una competencia intraespecífica más débil y una mayor complementariedad entre las especies de cultivo elegidas son importantes para un mayor uso de los recursos. Por lo tanto, se prefiere la combinación de cultivos de corta y larga duración o cultivos poco profundos y de raíces profundas (Maitra et al., 2021). Las diferentes profundidades de raíces y diferentes tipos de hojas son capaces de captar más luz y utilizar más agua y nutrientes que cuando las raíces y hojas de una sola especie están presentes. Cuando solo se cultiva una especie, todas las raíces tienden a competir entre sí, ya que todas son similares en su orientación y profundidad por debajo de la superficie. De manera similar, las hojas de plantas de la misma especie son directamente opuestas y crecen al mismo ritmo que las demás, mientras que las hojas de una planta de otra especie no compiten directamente por la luz solar en el espacio y el tiempo (Thayamini, Seran and Brintha, 2010). En el trabajo de Jiao et al. (2008) se encontró que el cultivo intercalado de maíz-cacahuete mejora la utilización eficiente de la luz fuerte por el maíz y la luz débil por el porte del cacahuete para proporcionar ventajas de rendimiento. La AC entre cultivos de porte alto y bajo es una práctica común en la agricultura tropical y para mejorar la interceptación de la luz. Cuando dos o más cultivos morfológicamente diferentes con distintos períodos de madurez se asocian, la luz es el factor vital que determina el rendimiento (Raza et al., 2019). Un buen cultivo de cobertura desempeña un papel importante en la conservación del suelo en las regiones tropicales (Ghost et al., 2007). Además, el cacahuete se puede usar como cultivo de cobertura, no solo ayuda a proteger el suelo, sino que proporciona un entorno adecuado para que los microorganismos de suelo sobrevivan y prosperen (Fageria et al., 2005).
- B) **Disponibilidad del recurso hídrico.** En el sistema agrícola, el agua es vital y el recurso más valioso para determinar el crecimiento de la planta. En la AC se identifica que se conserva el agua en gran parte debido al alto índice de área foliar temprana y al área foliar más alta (Nyawade et al., 2019). Chen et al., (2018) hacen mención la eficiencia en el uso del agua fue la más alta en el cultivo asociado de guisantes y maíz en un 24 % en comparación con el maíz cultivado solo. La AC de papa (*Solanum tuberosum*) y leguminosa-Frijol lima (*Phaseolus lunatas* L.) y frijol de Egipto (*Lablab purpureous* L.), en lugares donde hay escasez de agua, la AC es una técnica ecológica adecuada. Se sabe que, en el sistema de AC, aumenta el potencial de producción por unidad de superficie, y es por la utilización eficaz de los recursos. El uso eficiente del agua en la AC en comparación con los monocultivos fue probablemente la razón en el rendimiento, ya que es limitante en zonas tropicales semiáridas (Gebru, 20015; Wang et al., 2015). También, se ha observado que en la AC existe una alta eficiencia en el uso del agua, del 20-27% en condiciones de estrés y del 14% sin estrés, en comparación cuando los cultivos se establecen solos (Hauggaard-Nielsen et al., 2003).
- C) **Manejo de Malezas.** En la AC tiene una complejidad de manejo, especialmente cuando se elige la asociación de plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas. Ya que, el uso de herbicidas es reducido y difícil (Nurk, 2017). La capacidad de supresión en la AC

depende de la consideración de algunos factores como la selección de cultivo, los genotipos utilizados, la población de plantas, la proporción de cultivos considerados en el cultivo intercalado y la disposición espacial, la fertilidad y la humedad del suelo (Maitra et al., 2021). Y así, entre más cultivos existan en el sistema de AC se reduce la probabilidad de encontrar un herbicida. Pero el control de maleza se da cuando en la AC se proporciona un efecto competitivo, en tiempo o el espacio, que el monocultivo. En un trabajo por Srikrishnah et al., (2008) la población de malezas se redujo en la AC de berenjena (*Solanum melongena*) y cacahuate. Por otro lado, Stainer (1984) observó la supresión de malezas en la AC de maíz y cacahuate. La AC suprime predominantemente la población de hierbas no deseadas en el sistema (Praharaj and Blaise, 2016).

**D) Reducción de plagas y enfermedades.** Generalmente se cree que en la AC puede actuar como barrera o amortiguador contra la propagación de plagas y patógenos. Umarajini y Seran (2008) afirmaron que la incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y salta hojas (*Amrasca biguttula*) fue menor en AC cacahuate-berenjena en comparación cuando se cultivan solas. Cuando se intercaló el arroz (*Oryza sativa*) - cacahuate en condiciones secas, se observó una disminución de la chinche apestosa verde (*Nezara viridula*) y el barrenador del tallo (*Chilo zacconius*). Singh y Adjeigbe (2002), afirman que el monocultivo necesita más productos químicos para controlar plagas y enfermedades que la AC, al crear una diversidad funcional que limita la población de microorganismos nocivos (Finckh et al., 2000). Referente a la AC de Cacahuate con otras especies se encuentran reducidas las observaciones, por lo que puede ser un tema de interés en futuras investigaciones.

### **El rendimiento de AC con el cacahuate**

El cacahuate tiene un buen rendimiento en el sistema AC, pero asociados a cultivos de corta duración (Hussainy, Brindavathy and Vaidyanathan, 2020), aunque en algunos casos las diferencias sean significativas como en el trabajo por Tefera and Tena (2002); cuando se cultiva solo el cacahuate, su rendimiento fue de 1.7t/ha en comparación cuando se asocia con frijol de palo 1.64t/ha. Los pesos de 100 g no difieren de los sistemas de producción. Se sabe que el cacahuate cuando se establece solo, el tamaño de las vainas, número de vainas /planta, granos/cápsula son mayores en comparación cuando se asocia a otros cultivos (Dutta et al., 2000; Jat And Ahlawat, 2004). Se ha observado, en la asociación de cacahuate-higuerilla, el cacahuate ha dado rendimientos de 2.985 t/ha (Jadav et al., 2007). Por su parte Khan et al., (2017) en su evaluación de asociación de ajonjolí- cacahuate, el rendimiento aumento 12-21% y 23-46% respectivamente, comparado cuando se establecen solo los cultivos. Además, observa mayor rendimiento cuando hay una distribución de dos hileras de ajonjolí y tres de cacahuate con un rendimiento de 1.25 t/ha y 0.97 t/ha respectivamente.

### **Conclusión**

En México, el estudio de la asociación de cultivos con cacahuate es un campo con gran potencial, dado el limitado conocimiento actual. El ciclo de crecimiento lento del cacahuate en el bajo ofrece la oportunidad de intercalarlo con cultivos de ciclo corto, como maíces precoces locales, maximizando así el uso de la tierra y los recursos. La creciente demanda de alimentos y la disminución de recursos naturales hacen crucial la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, como la asociación de cultivos. Este sistema permite un uso más eficiente de los recursos, mejora la fertilidad del suelo y reduce la erosión, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo agrícola sostenible. La introducción del cacahuate en sistemas de cultivo intercalados representa una oportunidad prometedora para optimizar la productividad y estabilidad de los agricultores locales. Sin embargo, es fundamental realizar más investigaciones y promover la divulgación de estos sistemas, adaptando los diseños a las condiciones locales y optimizando el uso de los recursos naturales.



**Figura 1** Figura 1. Asociación cacahuate y maíz en Valle de Santiago, Guanajuato, México.

## Referencias

- Ahlawat, I., Gangaiah, B. and Singh, O. (2005). Production potential of chickpea (*Cicer arietinum*)-based intercropping systems under irrigated conditions. *Indian J. Agron.* 50 : 27-30.
- Alberio, N.G. Izquierdo, L.A.N. Aguirrezábal,3 (2015). Sunflower Crop Physiology and Agronomy, Enrique Martínez-Force, Nurhan Turgut Dunford, Joaquín J. Salas, Sunflower,AOCS. Pages 53-91,ISBN 9781893997943, <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50009-X>.
- Anil, L.; Park, J.; Phipps, R.H.; Miller, F.A. (1998). Temperate intercropping of cereals for forage: A review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass Forage Sci.*, 53, 301–317.
- Arunkumar, P., Maragatham, N., Panneerselvam, S., Ramanathan, S. and Jeyakumar, P. (2017). Water requirement of groundnut under different intercropping systems and WUE in groundnut equivalent rate. *The Pharma. Innov. J.* 6 : 322-25.
- Baraker, B., Jha, S. and Wani, S. (2017). Effect of improved management practices on economics in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivation. *Int. J. Chemical Studies* 5 : 302-04.
- Bedoussac L, Journet EP, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Jensen ES, Prieur L, Justes E (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agron Sustain Dev* 35: 911–935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Bertioli, D., Cannon, S., Froenicke, L. et al. (2016). The genome sequences of *Arachis duranensis* and *Arachis ipaensis*, the diploid ancestors of cultivated peanut. *Nat Genet* 48,
- Blanco-Valdes, Yaisys. (2016). Review The role of weeds as a component of biodiversity in agroecosystems. *Cultivos Tropicales*, 37(4),3456. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Blaser, B. C., Singer, J., & Gibson, L. R. (2007). Winter cereal, seeding rate, and intercrop seeding rate effect on red clover yield and quality. *Agronomy Journal*, 99 (3),723.<https://doi.org/10.2134/agronj2006.0247>
- Borg, J.; Kiær, L.P.; Lecarpentier, C.; Goldringer, I.; Gauffreteau, A.; Saint-Jean, S.; Barot, S.; Enjalbert, J. (2017). Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures: A meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps. *Field Crops Res.*221, 298–313.
- Bracken, Matthew E.S. (2019). Monocultures Versus Polycultures☆ “Encyclopedia of Ecology (Second Edition).Elsevier. Pág 483-486. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11169-8>.
- Bybee-Finley, K. Ann and Ryan, R. Matthew (2018). Advancing Intercropping Research and Practices in Industrialized Agricultural Landscapes. Review. *Agriculture*,8,80. Pág-1-124. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>
- Chai, Q., Qin, A. Z., Gan, Y. T., & Yu, A. Z. (2014). Higher yield and lower carbon emission by intercropping maize with rape, pea, and wheat in arid irrigation areas. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(34), 535–543.<https://doi.org/10.1007/s13593-013-0161-x>
- Chandrika, V., Sankara Reddy, K. and Soundararajan, M. (2001). Economic evaluation of groundnut (*Arachis hypogaea*)-based cropping systems in rainfed Alfisols. *Indian J. Agron.* 46 : 45- 49.
- Chen, G.; Kong, X.; Gan, Y.; Zhang, R.; Feng, F.; Yu, A.; Zhao, C.; Wan, S.; Chai, Q.(2018) Enhancing the systems productivity and water use efficiency through coordinated soil water sharing and compensation in strip intercropping. *Sci. Rep.*,8, 10494.
- Cong, W. F., Hoffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J. H., Bao, X. G., Zhang, F. S., & Van Der Werf, W. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global Change Biology*, 21, 1715–1726. <https://doi.org/10.1111/gcb.12738>

- De, U. K. and Chattopadhyay, M. (2010). Crop diversification by poor peasants and role of infrastructure : Evidence from West Bengal. *J. Dev. Agric. Econ.* 2 : 340-50.
- Dutta, D., Jana, P., Bandyopadhyay, P. and Maitry, D. (2000). Response of summer sesame (*Sesamum indicum* L.) to irrigation. *Indian J. Agron.* 45 : 613-16.
- Epidi, T.T.; Bassey, A.E.; Zuofa, K. (2008). Influence of intercrops on pests' populations in upland rice (*Oryza sativa* L.). *Afr. J. Environ. Sci. Technol.*, 2, 438–441.
- Fageria, N., Baligar, V. and Bailey, B. (2005). Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis* 36 : 2733-57.
- FAO. Cadre de programmation pays 2013-2015 Burkina Faso; 2013. p. 61.
- Finckh, M.R.; Gacek, E.S.; Goyeau, H.; Lannou, C.; Merz, U.; Mundt, C.C.; Munk, L.; Nadziak, J.; Newton, A.C.; de Vallavieille-Pope, C.; et al. (2000) Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie*, 20, 813–837.
- Ganvir, M., Jadhao, P., Raut, R. and Nagdeote, V. (2006). Effect of intercropping on castor under dryland condition. *Ann. Plant Physiol.* 20 : 212-14.
- Gebru, H. (2015). A review on the comparative advantages of intercropping to mono- cropping system. *J. Biol. Agric. and Healthcare* 5 : 1-13.
- Ghanbari, A.; Dahmardeh, M.; Siahshar, B.A.; Ramroudi, M. (2010). Effect of maize (*Zea mays* L.)—cowpea (*Vigna unguiculata* L.) inter-cropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in a nd environment. *J. Food Agric. Environ.* 8, 102–108.
- Ghosh, P. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Res.* 88 : 227- 37.
- Ghosh, P., Bandyopadhyay, K., Wanjari, R., Manna, M., Misra, A., Mohanty, M. and Rao, A. (2007). Legume effect for enhancing productivity and nutrient use-efficiency in major cropping systems—An Indian perspective : A review. *J. Sustainable Agric.* 30 : 59-86.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. and Jensen, E. S. (2001). Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea- barley intercrops—A field study employing 32P technique. *Plant and Soil* 236 : 63- 74.
- Hefny, Y. A. A. Safina S. A. and A. M. Sheha. (2017). Evaluation of Intercropping Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with Maize under Different Plant Densities in Sandy Soils. *Egypt.J.Agron.* Vol.39, No.1, pp.9-18
- Hu, F., Gan, Y., Chai, Q., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Mu, Y., Zhang, Y. (2016). Impulsar la productividad del sistema mediante la mejora de la coordinación de la competencia interespecifica en el cultivo intercalado de maíz / tira de guisantes. *Investigación de cultivos de campo*, 198, 50-60.
- Hussainy Syed Abul Hassan, Brindavathy R., Vaidyanathan R. 2020. Production potential of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under intercropping system—A review. *Crop Res.* 55 (1 & 2) : 36-47 DOI : 10.31830/2454-1761.2020.010
- Jadav, K., Solanki, R., Verkariya, K., Bhalu, V. and Savalia, R. (2007). Productivity improvement of groundnut-castor intercropping system through row proportion and castor sowing time. *Ann. Arid Zone* 46 : 37-41.
- Jat, H. and Ahlawat, I. (2004). Production potential and economic viability of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.)+ groundnut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping in Indo-Gangetic plains. *Indian J. Agric. Sci.* 74 : 126-29.
- Jensen, E.S., Carlsson, G. & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 40, 5 .<https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>
- Jiao, N. Y., Zhao, C., Ning, T. Y., Hou, L. T., Fu, G. Z., Li, Z. J., & Chen, M. C. (2008). Ying yong sheng tai xue bao. *The journal of applied ecology*, 19(5), 981–985.
- Jose, S.; Holzmüller, E. Black walnut allelopathy. (2008) Implications for intercropping. In *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*; Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M., Eds.; Springer: New York, NY, USA,
- Kabambe Vernon H., Ngwira Amos R., Aune Jens B., Sitaula Bishal K. and Chilongo Thabbie (2018). Productivity and profitability on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and maize (*Zea mays* L.) in a semi-arid area of southern Malawi. *African Journal of Agricultural Research Afr. J. Agric. Res.* Vol. 13(43), pp. 2399-2407,
- Kumar, V.; Singh, R.P.; Kumar, S.; Shukla, U.N.; Kumar, K. (2018) Performance of pearl millet + greengram intercropping as influenced by different planting techniques and integrated nitrogen management under rainfed condition. *Int. J. Chem. Stud.* 6, 705–708.

- Li CJ, Hoffland E, Kuyper TW, Yu Y, Li H, Zhang C, Zhang F, van der Werf W (2020b) Yield gain, complementarity and competitive dominance in intercropping in China: A meta-analysis of drivers of yield gain using additive partitioning. *Eur J Agron* 113: 125987. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125987>
- Li CJ, Hoffland E, Kuyper TW, Yu Y, Zhang C, Li H, Zhang F, van der Werf W (2020a) Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants* 6: 653–660. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0680-9>
- Lipiante, J. 2007. Guía para la elaboración de la monografía. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. 8
- Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dhima KV, Dordas CA y Yiakoulaki MD (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Res.* 99: 106-113
- Mahale, M., Nevase, V. and Chavan, P. (2008). Yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as influenced by different intercropping ratios and sulphur levels. *Legume Res.* 31 : 268- 71.
- Mahallati, M.N.; Koocheki, A.; Mondani, F.; Feizi, H.; Amirmoradi, S. (2015). Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *J. Clean Prod.* 106, 343–350.
- Maitra S, Hossain A, Brestic M, Skalicky M, Ondrisik P, Gitari H, Brahmachari K, Shankar T, Bhadra P, Palai JB, Jena J, Bhattacharya U, Duvvada SK, Lalichetti S, Sairam M. (2021) Intercropping—A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security. *Agronomy*; 11(2):343. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>
- Maitra, S. (2020) Intercropping of small millets for agricultural sustainability in drylands: A review. *Crop Res.* 55, 162–171.
- Maitra, S.; Shankar, T.; Banerjee, P. (2020). Potential and advantages of maize-legume intercropping system. In *Maize—Production and Use*; Hossain, A., Ed.; Intechopen: London, UK,
- Manasa, P.; Maitra, S.; Barman, S. Yield Attributes, yield, (2020). Competitive ability and economics of summer maize-legume intercropping system. *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.* 13, 3–38.
- Manasa, P.; Maitra, S.; Reddy, M.D. (2018). Effect of summer maize-legume intercropping system on growth, productivity and competitive ability of crops. *Int. J. Manag. Technol. Eng.* 8, 2871–2875
- Mandal, M.K.; Banerjee, M.; Banerjee, H.; Alipatra, A.; Malik, G.C. (2014). Productivity of maize (*Zea mays*) based intercropping system during kharif season under red and lateritic tract of West Bengal. *Bioscan*, 9, 31–35
- Mandimba, G. R. (1995). Contribution of nodulated legumes on the growth of *Zea mays* L. under various cropping systems. *Symbiosis.* (19) ,213-222.
- Muñoz, L. (2018). Asociación de cultivo en el Huerto. <https://www.agrohuerto.com/asociacion-de-cultivos-compatibilidad-entre-plantas>
- Mupangwa, W., Nyagumbo, I., Liben, F., Chipindu, L., Craufurd, P., & Mkuhlani, S. (2021). Maize yields from rotation and intercropping systems with different legumes under conservation agriculture in contrasting agro-ecologies. *Agriculture, ecosystems & environment*, 306, . doi:10.1016/j.agee.2020.107170
- Mustapha Mas-uda. James Seutra Kabab Kwadwo Oforic Gumah Salifu (2016) Relative Planting Dates Effect on the Agronomic Performance of Maize (*Zea Mays* L.) and Groundnut (*Arachis Hypogea* L) in an Intercrop System. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. Volume 16, No 1, pp 262-276
- Nurk, L., Graß, R., Pekrun, C. y Wachendorf, M. (2017). Efecto del método de siembra y control de malezas en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) intercalado con frijoles trepadores (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura* , 7 (7), 51. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture707005>
- Nyawade, S.O.; Karanja, N.N.; Gachene, C.K.K.; Gitari, H.I.; Schulte-Geldermann, E.; Parker, M.L.(2019). Intercropping Optimizes Soil Temperature and Increases Crop Water Productivity and Radiation Use Efficiency of Rainfed Potato. *Am. J. Potato Res.*, 96, 457–471
- Oyeogbe, A. (2021). Diversificación de los sistemas de cultivos intercalados a base de maíz en el agroecosistema de la selva tropical de Nigeria: productividad, rentabilidad y fertilidad del suelo. El futuro de la alimentación: Revista sobre alimentación, agricultura y sociedad, 9(1). <http://www.thefutureoffoodjournal.com/index.php/FOFJ/article/view/328>
- Pérez López, Astrid Elena, Martínez Bustamante, Enrique, Vélez Vargas, León Darío, & Cotes Torres, José Miguel. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(1), 6865-6880.
- Praharaj, C. and Blaise, D. (2016). Intercropping : An approach for area expansion of pulses. *Indian J. Agron.* 61 : 113-21.

- Raseduzzaman, M.; Jensen, E.S. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *EUR. J. Agron.*, 91, 25–33.
- Raza, M.A.; Feng, L.Y.; Van Der Werf, W.; Iqbal, N.; Khan, I.; Hassan, M.J.; Ansar, M.; Chen, Y.K.; Xi, Z.J.; Shi, J.Y.; et al. (2019) Optimum leaf defoliation: A new agronomic approach for increasing nutrient uptake and land equivalent ratio of maize soybean relay intercropping system. *Field Crop. Res.*, 244, 107647
- Reddy, T.Y. and G.H.S. Reddi. (2007). *Principals of Agronomy*. Kalyani Publishers, India, pp:468-489
- Sampson Kofi Kyei, William Iheanyi Eke, Hajara Abdul-Karim, Godfred Darko and Onyewuchi Akaranta, (2021). Phytochemicals from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Skin Extract with Potential for Pharmacological Activity. *Current Bioactive Compounds*; 17. <https://doi.org/10.2174/1573407217666210202092052>
- Sánchez-Domínguez, Samuel, Muñoz-Orozco, Abel, González-Hernández, Victor A., & Martínez-Garza, Ángel. (2006). Caracterización y clasificación de germoplasma mexicano de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). *Agrociencia*, 40(2), 171-182.
- Sanderson, M.A.; Brink, G.; Stout, R.; Ruth, L. (2013) Grass–legume proportions in forage seed mixtures and effects on herbage yield and weed abundance. *Agron. J.*, 105, 1289.
- Sanou J, Bationo BA, Barry S, Nabie LD, Bayala J, Zougmore R. Combining soil fertilization, cropping systems and improved varieties to minimize climate risks on farming productivity in northern region of Burkina Faso. *Agric. Food Secur.* 2016;5:1–12.
- Sara Lilia García Pérez (2017). Las empresas agropecuarias y la administración financiera *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. XXI, núm. 40, pp. 583-594
- Shiyam, J. O. (2010). Growth and yield response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to plant densities and phosphorus on an ultisol in Southeastern Nigeria. *Libyan Agric. Res. Center J. Int.* 1 : 211-14.
- SILSG. 2019. Sistema de Información legislativa de la secretaria de Gobernación. Diputados [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun\\_3910698\\_20190919\\_1568218174.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun_3910698_20190919_1568218174.pdf)
- Sinare, B., Miningou, A., Nebié, B. et al. (2021). Participatory analysis of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cropping system and production constraints in Burkina Faso. *J Ethnobiology Ethnomedicine* 17, 2 <https://doi.org/10.1186/s13002-020-0042>
- Singh, B.B. and H.A. Adjeigbe, 2002. Improving Cowpea Cereals-Based Cropping Systems in the Dry Savannas of West Africa. In: *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustain-Able Cowpea Production*, Fatokun, A., S.A.Tarawali, B.B. Singh, P.M. Kormawa and M.Tamo (Eds.). IITA, Ibadan, Nigeria, pp: 276 -284.
- Srikrishnah. S., S. Umarajini. and T.H. Seran, (2008). The effect of intercropping brinjal (*Solanum melongena* L.) with groundnut (*Arachis hypogaea* L.) on weed population. *Proceedings of the 2nd International Symposium*, July 8-12, Sabaragamuwa University, Sri Lanka, pp: 15-15.
- Srilatha, A., Masthan, S. and Mohammed, S. (2002). Production potentials of castor intercropping with legumes under rainfed conditions. *J. Oilseeds Res.* 19 : 127-28.
- Steiner, K.G., 1984. *Intercropping in Tropical Smallholder Agriculture With Special Reference to West Africa*. 1st Edn. Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany.
- Tang, X., Zhang, C., Yu, Y. et al. (2021). Intercropping legumes and cereals increases phosphorus use efficiency; a meta-analysis. *Plant Soil* 460, 89–104 <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04768-x>
- Thayamini H. Seran and I. Brintha, (2010). Review on Maize Based Intercropping. *Journal of Agronomy*, 9: 135-145.
- Tilman D (2020) *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton University Press
- Torres Calderón Soledad, Huaraca Fernández J, Pezo D.L, Crisóstomo C.R. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo* Vol 4 Núm(1): 15 – 22. DOI:<https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1068>
- Turrent-Fernández, A y Cortés-Flores, J, I (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23 (2), 265-272.
- Umarajini, S. and T.H. Seran, (2008). Investigation on pest and disease incidence on brinjal (*Solanum melongene* L.) intercropping with groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Proceedings of the 64th Annual Session*, Dec. 1-6, The Sri Lanka Association for the Advancement of Science, pp: 51-51.
- Wang, Z., Zhao, X., Wu, P. and Chen, X. (2015). Effects of water limitation on yield advantage and water use in wheat (*Triticum aestivum* L.)/maize (*Zea mays* L.) strip intercropping. *European J. Agron.* 71 : 149- 59.
- Wibisana, Dharend L. y col. (2017). The Effect of Intercropping System of Corn (*Zea mays* L.) and Peanut (*Arachis hypogaea*, L.) on Yield Production in Ungaran. *Planta Tropika* , vol.5, no. 2, págs. 88-95, doi: 10.18196 / pt.2017.068.88-95.

- Wiley, R.W. Intercropping its importance and research needs. (1979) Part 1, Competition and yield advantages. *Field Crop Abstr.*, 32, 1–10.
- Yang, C., Fan, Z., & Chai, Q. (2018). Agronomic and economic benefits of pea/maize intercropping systems in relation to N fertilizer and maize density. *Agronomy*, 8(4), 52. <https://doi.org/10.3390/agronomy8040052>
- Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Liu, C., Fan, Z., Hu, F., & Chen, G. (2017). Reducing carbon emissions and enhancing crop productivity through strip intercropping with improved agricultural practices in an arid area. *Journal of Cleaner Production*, 166, 197–208.
- Zaman, A.; Zaman, P.; Maitra, S. (2017) Water resource development and management for agricultural sustainability. *J. Appl. Adv. Res.*, 2, 73–77.
- Zhang CC, Dong Y, Tang L, Zheng Y, Makowski D, Yu Y, Zhang FS, van der Werf W (2019). Intercropping cereals with faba bean reduces plant disease incidence regardless of fertilizer input; a meta-analysis. *Eur J Plant Pathol* 154:931–942.
- Zhang, G., Yang, Z. and Dong, S. (2011). Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Res.* 124: 66-73
- Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Fan, J. X., Yang, S., Hu, L., Leung, H., Mew, T. W., Teng, P. S., Wang, Z., & Mundt, C. C. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406, 718–722. <https://doi.org/10.1038/35021046>