

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DE *Capsicum chinense* Y SU RELACIÓN CON LA SANIDAD Y CONDICIONES CLIMÁTICAS EN ZONAS PRODUCTORAS DE SEMILLA ARTESANAL DEL ESTADO YARACUY, VENEZUELA

PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF *Capsicum chinense* AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE HEALTH AND CLIMATIC CONDITIONS IN ARTISANAL SEED PRODUCTION AREAS IN YARACUY STATE, VENEZUELA

José Gregorio Gómez<sup>1</sup>  Pastora Josefina Querales<sup>1</sup>  Alexander José Hernández Jiménez<sup>1</sup> 

Naileth Arelys Méndez<sup>1</sup>  María Isabel Rangel<sup>1</sup>  Julitsa Jiménez<sup>1</sup> 

Pedro José García-Mendoza<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Estado Lara, Venezuela.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT), Pampas, Huancavelica, Perú.

### Correspondencia:

Dr. Pedro García Mendoza  
[pedrogarcia@unat.edu.pe](mailto:pedrogarcia@unat.edu.pe)

**Como citar este artículo:** García, P., Gómez, J., Méndez, N., Querales, P., Rangel, M., Hernández, A., & Jiménez, J. (2024). Parámetros fisiológicos de *Capsicum chinense* y su relación con la sanidad y condiciones climáticas en zonas productoras de semilla artesanal del estado Yaracuy, Venezuela. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 3(2), 104 - 121. <https://doi.org/10.57107/hyw.v3i2.77>

### RESUMEN

La entrega de semillas a los agricultores de alta calidad es un factor esencial para mejorar la producción de los cultivos. Con el objetivo de generar nuevo conocimiento que contribuya al desarrollo agronómico, científico y tecnológico del cultivo de ají dulce *Capsicum chinense* en Venezuela, mediante el análisis de parámetros fisiológicos de las semillas y su relación con la sanidad y condiciones climáticas, se condujo esta investigación en unidades de producción de 5 municipios del estado Yaracuy. Los ensayos fueron conducidos en las instalaciones del posgrado de Agronomía-UCLA. Se midieron diferentes parámetros fisiológicos en la semilla y se correlacionaron con parámetros sanitarios y ambientales. Se realizaron análisis sanitarios para detectar la presencia de hongos asociados internamente a la semilla. Los resultados sugieren que el cultivar Llanerón, presentó valores fisiológicos similares a los patrones establecidos para la mayoría de las especies en programas de certificación de semilla, a pesar de su procedencia artesanal. La localidad Nirgua mostró condiciones ideales para el cultivo de ají con fines de producción de semillas. Se observó una correlación positiva entre *Curvularia* y PG7, sugiriendo el efecto benéfico de este hongo sobre la semilla de alguno de los cultivares evaluados. El análisis de componentes principales explicó el 64.3 % de la variabilidad total observada, mostrando la relevancia de las variables fisiológicas PG7 y PE para explicar el potencial fisiológico de semillas provenientes de los municipios Nirgua y Bruzual y apreciar la íntima relación de las variables altitud y PG7 con la presencia y aparente efecto benéfico del hongo *Curvularia sp.*

**Palabras clave:** Cultivares de ají, sanidad de semillas, producción de semilla, *Capsicum chinense*.



## ABSTRACT

Providing high-quality seeds to farmers is an essential factor in improving crop production. To aim to generate new knowledge that contributes to the agronomic, scientific and technological development of the cultivation of sweet pepper *Capsicum chinense* in Venezuela, through the analysis of physiological parameters of the seeds and their relationship with health and climatic conditions, this research was conducted in production units of 5 municipalities of the Yaracuy state. Trials were conducted at the UCLA Agronomy graduate school facilities. Different physiological parameters were measured in the seed and correlated with health and environmental parameters. Sanitary analyses were carried out to detect the presence of fungi associated internally with the seed. The results suggest that the Llaneron cultivar presented physiological values similar to the patterns established for most species in seed certification programs, despite its artisanal origin. Nirgua locality showed ideal conditions for growing chili peppers for seed production. A positive correlation was observed between *Curvularia* and PG7, suggesting the beneficial effect of this fungus on the seed of some of evaluated cultivars. The principal component analysis explained 64.3% of the total variability observed, showing the physiological variables PG7 and PE relevance to explain the physiological potential of seeds from the Nirgua and Bruzual municipalities and appreciate the close relationship between altitude and PG7 variables with the presence and apparent beneficial effect of the *Curvularia sp* fungus.

**Keywords:** Chili pepper cultivars, seed health, seed production, *Capsicum chinense*.

## INTRODUCCIÓN

Las semillas se consideran la base principal para el sustento de los seres humanos, ya que las plantas representan más del 80 % de la dieta humana. Además, son la estructura de la planta que reservan todo el potencial genético de los cultivos, expresado en las variedades resultantes del proceso de mejora y selección continua en el tiempo (FAO, 2024). Bareke (2018) refiere que la semilla es el método de reproducción sexual más complejo y exitoso en plantas vasculares. Por lo tanto, promover la entrega de semillas de alta calidad es esencial para mejorar la producción de los cultivos y la tolerancia de las plantas a los desafíos ambientales (Adetunji et al., 2021).

El cultivo del ají (*Capsicum spp.*), perteneciente a la familia de las Solanaceae, es el segundo vegetal de mayor consumo humano alrededor del mundo (Hussain et al., 2021). La producción de ají en el mundo se hace principalmente por el picante, un alcaloide volátil oleoresina capsaicina, el más

importante entre los capsaicinoides, producido solo en el género *Capsicum* (Akram et al., 2017). Se trata de un cultivo vegetal importante, utilizado en la alimentación humana en diferentes formas, como ensaladas, condimentos y como especia para los alimentos. No obstante, este cultivo es afectado por muchos estreses bióticos y abióticos, que generan pérdidas económicas considerables en la producción, al incidir directamente sobre la calidad de las semillas.

En lo que respecta a Venezuela, el cultivo de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq, representa a pequeñas áreas sembradas con alto valor económico, debido a sus variedades locales. La diversidad del clima y condiciones favorables para su desarrollo va desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm, lo cual permite tener producción durante todo el año (Ramírez et al., 2006). La calidad de la semilla representa el primer paso para una mayor eficiencia productiva estableciendo

categorías de acuerdo a los componentes genético fisiológico y sanitario (Melgarejo et al., 2004). La germinación se define como la capacidad de la semilla para, a través de una secuencia ordenada de eventos metabólicos, generar el desarrollo de una plántula en el momento adecuado del año, proceso considerado de gran importancia desde el punto de vista ecológico y económico (Carrera et al., 2020). La calidad de la semilla se reduce desde su desarrollo en la planta madre, o como consecuencia de mecanismos fisiológicos que disminuyen o detienen la germinación y causan pérdida de vigor y viabilidad en almacén (Ventura et al., 2012).

Sin embargo, pocos son los estudios de parámetro fisiológico y sanidad que se han realizado en Venezuela (Melgarejo et al., 2004). Desafortunadamente los manejos agronómicos en producción de semilla tradicionales no contemplan la manera apropiada para conservar la semilla y permitirle expresar su potencial genético y persistencia como especie local bajo sistemas tradicionales del cultivo, lo cual genera un deterioro y reducción de la calidad fisiológica, generando déficit del insumo básico para para el proceso productivo (Ayalew, 2020).

Diversas variables pueden ser utilizadas para estimar los parámetros fisiológicos de crecimiento, tales como el peso seco y el área foliar que incluya diversas partes de las plantas en función del tiempo, mediante curvas de crecimiento y índices de eficiencia fisiológica como, área foliar, masa fresca de raíz y masa fresca aérea entre otros (Hunt, 2003; Gonçalves et al., 2018). Los factores ambientales también poseen un efecto marcado sobre la viabilidad de la semilla, dentro de los cuales se pueden destacar la fertilidad del suelo, la disponibilidad adecuada de agua, la temperatura, luz solar, entre otros (Bereke, 2018). Por ello es importante prestar la debida atención al manejo agronómico.

En este sentido, el objetivo principal de este estudio fue evaluar los parámetros fisiológicos de las semillas y plántulas de *Capsicum chinense* y su relación con la sanidad y condiciones climáticas de las zonas productoras de semilla del estado Yaracuy, haciendo usos de un análisis de componente principal (ACP) y Matriz de coeficientes de correlación para el comportamiento de las semillas mediante variables fisiológicas, de rendimiento, frecuencia de potenciales patógenos y factores climáticos en dos épocas del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de micología y casa de cultivo del Posgrado de Agronomía de la universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA), Tarabana, estado Lara, Venezuela. La fase experimental fueron unidades de producción de *Capsicum chinense* de los municipios Urachiche, Bruzual, Nirgua, San Felipe y Bolívar del estado Yaracuy. Para el análisis sanitario se utilizó el método de papel de filtro (Blotter Test), para detectar la presencia de hongos asociados internamente a la semilla (Ahmed et al., 2021). Posteriormente, la identificación de los géneros de hongos se hizo mediante el uso del Sistema de Clasificación de Saccardo y el Manual de *Fusarium* (Leslie y Summerell, 2006; Houbraken et al., 2020).

Para los análisis del potencial fisiológico se realizó una prueba de germinación estándar en papel, conforme a Carvalho et al. (2024). Las semillas se colocaron para germinar en doble capa de papel de filtro, de tamaño de una caja de Petri plástica de 15 cm de diámetro, previamente humedecido con agua destilada esterilizada. La cantidad de agua (ml) utilizada para humedecer el soporte fue 2,5 veces el peso del papel. Luego se colocaron 50 semillas distribuidas en cinco columnas de diez cada una en 4 cajas para un total de 200 semillas por muestra.

Las condiciones de incubación fueron a temperatura  $25 \pm 3$  °C y fotoperiodo de 12 horas luz en ambiente

del laboratorio. Se evaluó el desarrollo de plántulas normales a los 7 días y nuevamente a los 14 días al igual que plántulas anormales y semillas muertas. La medición del porcentaje de germinación a los 7 días (PG7) (primer conteo) es una variable que se toma en cuenta para estimar vigor de la semilla.

El ensayo de Porcentaje de Emergencia (PE) se realizó en casa de cultivo del posgrado de Agronomía-UCLA, en estructuras cubiertas con polipropileno, temperatura ambiente promedio de  $28^{\circ}\text{C} \pm 2$  y 70% de humedad relativa. Se utilizó un sustrato de tierra y cáscara de arroz en la proporción 1:1, se sembraron 200 semillas por muestra distribuidas en cuatro (4) repeticiones de 50 semillas cada una, sembradas a una profundidad de 0,5 cm en bandejas plásticas rectangulares de 43 x 37 x 17 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente. El sustrato se mantuvo a humedad constante. La emergencia de plantas normales fue evaluada diariamente hasta obtener su máxima germinación (Brasil 2009).

El número total de plántulas normales emergidas se utilizó para el cálculo del porcentaje de emergencia, además del conteo diario que permitió realizar el cálculo de velocidad, índice y coeficiente de velocidad de emergencia, luego se retiraron las plántulas normales del sustrato, para realizar el conteo final y medir otras variables como masa húmeda, masa seca y porcentaje de masa seca.

Para el cálculo de Velocidad de emergencia (VE) se tomaron los resultados obtenidos diariamente en la evaluación de porcentaje de emergencia, de acuerdo a la fórmula propuesta por Edmond y Drapala (1958). Para evitar errores, fue establecido como mínimo la presencia de las hojas cotiledonares en la parte área.

$$VE = \frac{(N1E1) + (N2E2) + \dots + (NnEn)}{E1 + E2 + \dots + En}$$

donde:

VE = velocidad de emergencia (días); E = número de plántulas emergidas en cada repetición; N = número de días para cada contaje.

Para el cálculo de IVE se tomaron los resultados obtenidos en la evaluación diaria de porcentaje de emergencia, de acuerdo a la fórmula propuesta por Maguire (1962).

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

donde: IVE = Índice de velocidad de emergencia; E = número de plántulas emergidas en cada repetición; N = número de días de cada contaje. Con los datos diarios de números de plantas normales emergidas fue calculado el CVE, según la fórmula de Furbeck et al., (1993).

$$CVE = \frac{E1 + E2 + \dots + En}{(N1E1) + (N2E2) + \dots + (NnEn)} * 100$$

donde: CVE = Coeficiente de velocidad de emergencia; E = número de plántulas emergidas en cada repetición, N = número de días de cada contaje.

Al final de la prueba de emergencia se retiraron todas las plántulas del sustrato, se lavaron para retirar partículas de la raíz y con ayuda de una tijera, se realizó el corte en el cuello, separando la parte aérea de la raíz.

Seguidamente, fueron colocadas en papel toallín para secado y posterior preservación en bolsa de papel debidamente identificadas y separadas por repetición.

Una vez embaladas se procedió a pesar ambas partes de cada muestra para determinar la masa

fresca de raíz (MFR) y masa fresca aérea (MFA), restando el peso de la tara.

Luego, todas las muestras se llevaron a una estufa previamente calibrada a temperatura de 70° C, para ser sometidas a un periodo de deshidratación hasta peso constante conforme a lo propuesto por Paiva *et al.* (2009).

Se efectuaron los análisis de varianza considerando el modelo matemático de un diseño completamente aleatorizado, con un arreglo de los tratamientos en parcelas divididas, donde la parcela principal estuvo constituida por las épocas (lluvia y seca) y la sub-parcela por los genotipos de ají utilizados (Llanerón y Rosita), conforme a Steel y Torrie (1988). También se efectuó un análisis de correlación lineal simple, con el objetivo de determinar el grado de asociación existente entre las variables fisiológicas, sanitarias y climáticas. Por último, se efectuó un análisis de componentes principales (CP), con la finalidad de evaluar el desempeño de las semillas proveniente de los distintos municipios del estado Yaracuy, utilizando las variables fisiológicas, de rendimiento, frecuencia de potenciales patógenos y factores climáticos en dos épocas del año.

La matriz de correlación entre los diferentes caracteres estudiados fue utilizada para obtener los vectores propios, utilizados para extraer los primeros CP que resultaron más informativo en el análisis, conforme a Johnson and Wichern (2007). Una vez generada la información para los dos primeros CP, se procedió a construir la figura para la representación visual de la estructura de correlación entre las variables utilizadas en el estudio y la magnitud de cada variable sobre la varianza total observada en el conjunto de datos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Germinación:** El análisis de varianza determinó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre época de muestreo y entre cultivares para ambas variables

evaluadas. Las variables referentes a germinación se evaluaron bajo condiciones controladas de laboratorio con temperatura  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$  y fotoperiodo de 12 horas, cada cultivar expresando su máximo potencial germinativo. En relación al porcentaje de germinación a los 7 días (PG7), se evidenciaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) solamente en semillas procedentes del periodo lluvioso entre los cultivares Llanerón (27,00 %) y Rosita (19,63%). A pesar que en la época seca no mostró diferencia significativa entre cultivares evaluados, los valores de PG7 fueron similares a la época de lluvia para ambos cultivares. Igualmente, la variable porcentaje de germinación a los 14 días (PG14), presentó diferencia significativa entre cultivares ( $P < 0,05$ ).

Tomando en cuenta que la procedencia de las semillas de los dos cultivares es la misma en ambas épocas y las condiciones durante la evaluación fueron similares, visto por los valores para los coeficientes de variación (CV%) que reflejan un buen manejo del ensayo; el comportamiento del cultivar Rosita sugiere un efecto ambiental durante el desarrollo del fruto, momento de cosecha, pre-acondicionamiento o el almacenamiento.

Durante la época seca, a pesar de que el análisis no detectó diferencias entre cultivares para ninguna de las variables analizadas (Tabla 1), se evidenciaron porcentajes de germinación en ambos cultivares similares a las alcanzadas durante la época lluviosa, siendo en el cultivar Llanerón, el único que presentó valores dentro del rango en los patrones establecidos para la mayoría de las especies en programas de certificación (Marcos Filho, 2005); es decir, que a pesar de su procedencia artesanal, la germinación evidencia su calidad fisiológica.

**Vigor:** El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para porcentaje de emergencia (PE) e índice de velocidad de emergencia (IVE) durante el periodo lluvioso, mientras que el resto resultaron no significativas ( $P > 0,05$ ) entre

cultivares para ambas épocas evaluadas (Tabla 1).

En relación a PE, el mayor valor fue alcanzado por semillas del cultivar Llanerón (71,38%) recolectadas en periodo lluvioso en los diferentes municipios del estado Yaracuy, diferenciándose del cultivar Rosita (55,88%). Igualmente, el IVE mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) entre cultivares en el mismo periodo de muestreo, indicando la variabilidad en el número de días que tarda la semilla del cultivar Llanerón (2,15) en emerger, comparado con el cultivar Rosita (1,59), cuando proviene de la producción de ají comercial en época lluviosa.

Sin embargo, en términos de porcentaje (CVE),

ese rango de tiempo en el que difieren las semillas de ambos cultivares respecto a la emergencia de plántulas, no fue significativo ( $P > 0,05$ ). En el caso de las semillas proveniente de la producción comercial de frutos durante la época seca, a pesar de no mostrar diferencias ( $P > 0,05$ ) entre cultivares, los valores de ambos en cuanto a plantas emergidas fue óptimo si se compara con la germinación bajo condiciones controladas; aunado a los días que en promedio tardaron en emerger (15-16 dds), similares a lo obtenido por Canto-Martin *et al.* (2004) quienes utilizaron *Azospirillum* sp. como estimulador, logrando una emergencia uniforme entre 5 y 14 días.

**TABLA 1**

*Variables de germinación y vigor de semillas de cultivares de C. chinense evaluados en dos épocas de siembra en el estado Yaracuy.*

Época	Cultivar	PG7	PG14	PE	VE	IVE	CVE
Lluviosa	Llanerón	27,00a	84, 13a	71, 38a	18, 53a	2, 15a	5, 60a
	Rosita	19,63b	52,50b	55,88b	18, 16a	1,59b	5,00a
	C.V. (%)	40,36	20,5	20,43	21,55	27,2	18,65
	Significancia	*	**	*	ns	*	ns
Seca	Llanerón	30, 38a	72,00a	83, 75a	16, 68a	2, 69a	6, 53a
	Rosita	25, 88a	68, 13a	79, 88a	15, 89a	2, 66a	6,08a
	C.V. (%)	14,69	15,81	19,66	15,92	24,78	12,46
	Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Nota: Medias en la columna por época con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ )  
 PG7 = porcentaje de germinación primer conteo a los 7 días, PG14 = Porcentaje de germinación segundo conteo a los 14 días, PE = Porcentaje de Emergencia, VE (días) = Velocidad de Emergencia, IVE = Índice de Velocidad de Emergencia, CVE = Coeficientes de Velocidad de Emergencia.

El mejor porcentaje de emergencia lo obtuvo el cultivar Llanerón, el cual presentó los mayores valores en las dos épocas evaluadas, posiblemente, debido a que los productores utilizan variedades locales que son generalmente llamadas cultivares autóctonos, además de cumplir con criterios de selección de plantas vigorosas para escoger los frutos y posterior extracción de semillas. Existen varios componentes relacionados con factores ambientales que influyen en la viabilidad de las semillas, dentro de los cuales se incluyen la fertilidad del suelo, el agua, la temperatura, la luz y la posición de las semillas en la planta (Bareke (2018). Adicionalmente, Ventura et al. (2012) refieren que el vigor de la semilla depende esencialmente de la capacidad de resistir el almacenamiento prolongado y los efectos nocivos del envejecimiento.

Los resultados de emergencia permiten deducir que las semillas de *Capsicum chinense* presentan un buen desempeño dado por las semejanzas observadas entre los valores de germinación bajo condiciones controladas y la emergencia en sustrato estéril en casa de cultivo, lo cual sugiere capacidad de la semilla para desencadenar los cambios que implica el proceso de germinación en un amplio rango de condiciones ambientales.

#### **Análisis fisiológico del cultivar Llanerón:**

El análisis de varianza para las variables PG7, PE, VE e IVE de semillas del cultivar Llanerón producidas en las dos épocas de siembra detectó diferencias significativas, mientras que el CVE no difirió entre las muestras analizadas (Tabla 2). La variable PG7 es una medida de la rapidez y uniformidad con la que pueden las semillas generar una nueva planta bajo condiciones controladas. Se considera un valor aceptable entre 50 y 60%, en este caso, aun cuando se diferenciaron en porcentaje de germinación, para ambas épocas hubo retraso en la germinación de semillas del cultivar Llanerón (36,13%). Estos resultados pueden ser atribuidos a la condición de latencia que presentan las especies de *Capsicum* sp.

Con respecto a PE, se trata de una prueba de germinación, pero bajo condiciones no controladas de campo y en este estudio se detectaron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre semillas provenientes de épocas diferentes, siendo superior el porcentaje de plantas emergidas de semillas recolectadas en época seca (85,50%) en comparación a las obtenidas en época lluviosa (58,75%), evidenciándose bajo vigor en las semillas provenientes de la época lluviosa, partiendo de que los porcentajes de emergencia de la época seca alcanzaron valores por encima de 80% (patrón de comercialización), lo cual corrobora lo citado por McDonald (1993). Este evento muestra el comportamiento de la semilla a pesar de las condiciones favorables durante su desarrollo, pero con mayor deterioro, que redujo la capacidad de emerger, atribuible a la cantidad de inóculo de potenciales patógenos, principalmente *Alternaria* sp. y probablemente *Colletotrichum* sp.

Por otra parte, mediante la VE se determina, en condiciones de campo, la rapidez con la que la plántula puede emerger de la semilla, expresando su potencial bajo condiciones ambientales adversas, capacidad que viene dada en parte, por las condiciones en las cuales se formó y acumuló materia seca. Los resultados mostraron que a pesar de haber ocurrido un retraso de la emergencia de plántulas de semillas recolectadas en la época lluviosa (19 ddie) en comparación con la época seca (17 ddie), la falta de uniformidad en la emergencia fue mayor para las semillas de la época seca, visto por el valor de IVE registrado (2,88) en contraste con el de la etapa lluviosa (1,59). Posiblemente ese comportamiento de las semillas de época seca sea debido a la disminución de patógenos asociados a la semilla.

**TABLA 2**

*Variables fisiológicas determinantes de vigor de plántulas desarrolladas de semillas del cultivar Llanerón (C. chinense) recolectadas en diferentes zonas productoras del estado Yaracuy durante dos épocas de siembra.*

Época	PG7	PG14	PE	VE(días)	IVE	CVE
Lluvioso	36, 13a	77, 63a	58,75b	19, 21a	1,75b	5, 58a
Seco	26,88b	72,00a	85, 50a	17,07b	2, 88a	5, 99a
C.V. (%)	27,89	15,19	19,74	13,64	27,21	11,98
Significancia	**	*	**	**	**	*

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). PG7= porcentaje de primer conteo a los 7 días, PG14= porcentaje de germinación del segundo conteo a los 14 días, PE= porcentaje de emergencia, VE (días)= velocidad de emergencia, IVE(días)= índice de velocidad de emergencia, CVE (%)= coeficientes de variación emergencia.

Los resultados del análisis de varianza mostraron que en la variable MFA no se evidenció diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre los cultivares Rosita y Llanerón durante la época lluviosa. En la época seca los cultivares tuvieron un comportamiento similar a la época lluviosa, presentando diferencias no significativas ( $P > 0,05$ ) entre éstos (Tabla 3).

Los valores obtenidos para la variable MSA mostraron diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre cultivares en la época lluviosa. Los valores más altos correspondieron al cultivar Llanerón (2,4 g). Las plántulas emergidas de semillas de la época seca no presentaron diferencias significativas para esta variable entre los cultivares evaluados. De igual manera, la variable PMSA mostró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre los cultivares evaluados en la época lluviosa. Al final del ensayo el mayor PMSA correspondió al cultivar Llanerón (35,37 %). Las semillas provenientes de la época seca no presentaron diferencia significativa entre cultivares evaluados (tabla 3).

Los resultados de MSA en plántulas de *C. chinense* dieron por debajo de los indicados por Pire y

Colmenárez (1996) como fue 35,0 g. planta<sup>-1</sup>. Pire *et al.* (1998) determinaron que el peso seco en plantas de ají, aumenta de manera proporcional al crecimiento en altura, con un incremento ligero a partir de los 45 días después del trasplante y un incremento fuerte a partir de los 60 días. Azofeifa y Moreira (2005) verificaron que la producción de materia seca o biomasa está ligada a la fenología de la planta, siendo considerada una producción de materia seca continua durante el ciclo de vida del pimentón, siendo lenta hasta los 30 días, con unos picos entre 45 y 105 días y finalmente reducir la velocidad, principalmente, debido a una reducción en la acumulación de materia seca de la hoja por senescencia. Es evidente que la mayor ganancia de peso seco en *Capsicum* spp ocurre después de los 45 días de la siembra, edad en la que ya no depende de las reservas de la semilla, sin embargo, el desarrollo de una plántula vigorosa garantiza el aprovechamiento de nutrientes aportados vía fertilización.

Los resultados de este estudio, corroboran en ají dulce que la ganancia de materia seca en las primeras etapas de crecimiento en la parte aérea

es significativa y difiere entre cultivares, mientras que en raíz no se diferencia, probablemente porque aún es insignificante para dicho órgano (Tabla 7). La humedad del suelo influye sobre la producción de materia seca en plántulas de *C. chinense*, pero el incremento de la HR durante el periodo lluvioso, también aumenta la concentración de inóculo de patógenos asociados que deterioran la semilla. Por ello, dado los valores alcanzados por las variables analizadas en ambas épocas bajo estudio, se puede inferir que, durante la época lluviosa, la mayor disponibilidad de humedad contribuye con mayores tasas de acumulación de materia seca, pero también se ve favorecida la microbiota perjudicial.

La ganancia en % para MSR fue muy superior a la de % MSA. La mayor MFR fue alcanzado por el cultivar Llanerón (2.36 g) (tabla 4), siendo favorecida la semilla posiblemente por un buen genotipo y un buen manejo de las plantaciones. Para la variable % MSR los cultivares Llanerón y Rosita se comportaron igual en las dos épocas de las cuales procedían las semillas (Tabla 4). De acuerdo a Zakaria et al. (2020), el órgano de la raíz en la planta, además de provocar la acumulación de carbohidratos en los órganos fuente, como las hojas, un menor crecimiento de este órgano podría provocar una reducción de la capacidad de sumidero en los órganos sumidero, como las raíces.

**TABLA 3**

*Variables de masa de la parte aérea relacionadas con rendimiento de cultivares de C. chinense evaluadas en el desempeño de las semillas recolectadas en diferentes zonas del estado Yaracuy.*

Época	Cultivares	MFA (g)	MSA (g)	PMSA
Lluvioso	Llanerón	6, 81a	2, 4 <sup>a</sup>	35, 37a
	Rosita	5, 78a	1,86b	29,95b
	C.V. (%)	27,94	33,9	27,53
	Significancia	ns	*	*
Seco	Llanerón	8, 61a	2, 8 <sup>a</sup>	34,03a
	Rosita	7, 92a	2, 62 <sup>a</sup>	32, 78a
	C.V. (%)	25,47	27,9	22
	Significancia	ns	ns	ns

Nota: Medias con la misma letra en cada columna y para cada época no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey al 5%. MFPA= Masa fresca parte aérea, MSPA= Masa seca parte aérea y %MSPA= Porcentaje de masa seca parte aérea.

**TABLA 4**

Variables de masa de raíz relacionadas con rendimiento de cultivares de *C. chinense* evaluadas en el desempeño de las semillas recolectadas en diferentes zonas del estado Yaracuy.

Época	Cultivar	MFR(g)	MSR(g)	%MSR
Lluvioso	Llanerón	2,36a	1,54a	65,4a
	Rosita	1,83b	1,24a	64,63a
	C.V. (%)	29	29,48	22,53
	Significancia	*	ns	ns
	Llanerón	2,97a	1,97a	68,24a
Seco	Rosita	2,47a	1,68a	66,88a
	C.V. (%)	29,35	33,96	11,74
	Significancia	ns	ns	ns

Nota: Medias con la misma letra en cada columna para cada época no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey al 5%. MFR= Masa fresca raíz, MSR= Masa seca raíz y PMSR= Porcentaje de masa seca raíz.

#### Sanidad de semilla:

El análisis sanitario de las muestras de semillas demostró que el género *Fusarium* fue el más frecuente en todas las localidades; sin embargo, de acuerdo con el análisis de correlación ninguna variable fisiológica, de rendimiento y factores climáticos, fueron correlacionados con el mismo ( $P>0,05$ ) (Tabla 6). El análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $P<0,05$ ) para todas las variables de potencial fisiológico entre municipios productores en las dos épocas de siembra a excepción del PE que en época seca no diferenció entre municipios ( $P>0,05$ ); no obstante, en todas las localidades los valores de porcentaje de plántulas emergidas estuvieron entre los más altos, independientemente de los cultivares evaluados (Tabla 5).

Las variables de germinación diferenciaron por municipio en ambos periodos de recolección de semillas, presentando durante la época lluviosa el mayor potencial las semillas procedentes de Nirgua

(82,50%) y San Felipe (74,65%), especialmente las primeras que en el primer conteo (PG7) ya mostraban un buen desempeño para la germinación con más del 60%, logrando posicionarse a los 14 días (PG14) en el rango patrón para certificación y comercialización. En la localidad San Felipe, los resultados al primer conteo (PG7) evidenciaron un bajo vigor, probablemente relacionado con una condición de latencia como suele ocurrir con muchos lotes de semillas de *Capsicum*, a pesar de haber alcanzado un valor aceptable de germinación igual a la localidad Nirgua. Para las semillas de la época seca, los resultados fueron similares, siendo Nirgua y Bruzual las que alcanzaron los mayores porcentajes de germinación. En este caso, Nirgua tuvo un retraso en el primer conteo de germinación; asimismo, las semillas de Bolívar no germinaron a los 7 dds, mientras que a los 14 dds alcanzaron una germinación de 53,25% aún por debajo del patrón mínimo de certificación, lo que denota un bajo potencial fisiológico.

En la época de lluvias, los resultados mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los municipios San Felipe (84,25%), Bruzual (60,5%), Nirgua (72,5%), y Urachiche (37,5%) para la variable PE, mientras que, en la época seca, las localidades Bolívar, Nirgua, Bruzual y Urachiche presentaron valores estadísticamente iguales para PE (Tabla 5). En relación a la VE (días) el análisis detectó diferencias ( $P < 0,05$ ) en el tiempo de emergencia de plántulas a partir de las semillas procedentes de todos los municipios en ambas épocas de siembra.

Para la época lluviosa, los mejores resultados se obtuvieron en los municipios San Felipe y Nirgua, con evidente potencial para emergencia rápida y uniforme de plántulas respecto a Urachiche y Bruzual. Sin embargo, para las semillas de la época seca, las provenientes de Nirgua mejoraron significativamente, emergiendo más rápido, seguido de Bruzual, mientras que en Urachiche y Bolívar la respuesta fisiológica de las semillas fue mucho más lenta.

Los municipios Nirgua y San Felipe destacaron con los valores de IVE y CVE en la época lluviosa, manteniendo la misma tendencia durante la época seca para las semillas del municipio Nirgua y muy similar para las de Bruzual, siendo la situación de este último diferente de la época lluviosa.

Un análisis de la aptitud fisiológica de las semillas provenientes de los diferentes municipios del estado Yaracuy, sugiere diferencias entre las zonas con fines de producción de semillas. Aparentemente algunas condiciones ambientales y/o de manejo tienen marcada influencia en el desarrollo de las semillas. Se percibe que Nirgua reúne condiciones ideales para el cultivo de ají con fines de producción de semillas tanto en la época lluviosa como seca. Además, la altitud en la localidad aparentemente favorece a *Curvularia* sp., que actúa como hongo benéfico, no así, *Alternaria* sp., causante de deterioro de la semilla en época

lluviosa. Igualmente, el municipio Bruzual en la época seca con un manejo adecuado, representa una zona apropiada para la obtención de semillas de calidad. Los resultados sugieren que las variables fisiológicas que explicaron mejor el vigor de las semillas fueron el porcentaje de germinación del primer conteo (PG7), el porcentaje de emergencia (PE) y la velocidad de emergencia (VE), lo cual debe ser considerado para estudios posteriores.

#### **Efectos sobre la calidad de la semilla:**

En la Tabla 6, se presentan el análisis de correlación positiva y significativa entre *Curvularia* y PG7 ( $r = 0,83^{**}$ ), lo cual sugiere el efecto benéfico de la asociación de *Curvularia* sp, con la germinación semilla de alguno de los cultivares evaluados. Este hongo aparentemente libera reguladores de crecimiento que inducen el proceso germinativo. Sin embargo, es contradictorio con el análisis sanitario de las semillas, debido a que frecuentemente se observaron semillas muertas necrosadas con desarrollo de *Curvularia* desde el interior de la semilla hasta cubrirla completamente, sugiriendo un efecto negativo, no revelado en el análisis estadístico.

La presencia de este hongo sobre la semilla se ve favorecido por las condiciones de mayor altitud predominante en algunas zonas productoras de ají en Yaracuy.

Caso contrario resultó la correlación entre *Alternaria* y PE ( $r = -0,78^*$ ), sugiriendo que la infección por este hongo redujo la emergencia de plántulas. Este hongo en las semillas se ve favorecido por la alta humedad relativa (HR) ( $r = 0,74^*$ ), lo cual lo convierte en un patógeno de importancia en cultivos con fines de producción de semillas de ají, al inducir deterioro limitando su germinación sobre todo en aquellas zonas o épocas de alta humedad relativa.

**TABLA 5**

*VARIABLES DEL POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMILLAS DE AJÍ DULCE CULTIVAR LLANERÓN (C. chinense) PROVENIENTES DE LOS MUNICIPIOS PRODUCTORES EN EL ESTADO YARACUY DURANTE DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.*

Época	Municipio	PG7	PG14	PE	VE	IVE	CVE
Lluviosa	Bruzual	12,00 <b>b</b>	66,5 <b>ab</b>	60,50 <b>b</b>	27,21 <b>a</b>	1,18 <b>b</b>	3,65 <b>b</b>
	Nirgua	63,25 <b>a</b>	82,50 <b>a</b>	72,5 <b>ab</b>	15,86 <b>b</b>	2,36 <b>a</b>	6,32 <b>a</b>
	San Felipe	4,75 <b>b</b>	74,65 <b>a</b>	84,25 <b>a</b>	14,22 <b>b</b>	2,73 <b>a</b>	6,30 <b>a</b>
	Urachiche	13,25 <b>b</b>	49,50 <b>b</b>	37,50 <b>c</b>	16,10 <b>b</b>	1,21 <b>b</b>	4,88 <b>b</b>
	C.V. (%)	25,53	20,51	20,43	21,55	27,2	18,65
	Significancia	*	*	*	*	*	*
Seco	Bolívar	0,00 <b>d</b>	53,25 <b>b</b>	73,75 <b>a</b>	20,84 <b>a</b>	1,83 <b>b</b>	4,88 <b>b</b>
	Bruzual	52, 25 <b>a</b>	82,25 <b>a</b>	74,50 <b>a</b>	13,81 <b>bc</b>	2,94 <b>a</b>	7,47 <b>a</b>
	Nirgua	39,75 <b>b</b>	73,25 <b>a</b>	87,00 <b>a</b>	13,30 <b>c</b>	3,32 <b>a</b>	7,07 <b>a</b>
	Urachiche	20,50 <b>c</b>	71,50 <b>a</b>	92,00 <b>a</b>	17,20 <b>b</b>	2,63 <b>ab</b>	5,78 <b>b</b>
	C.V. (%)	14,69	15,81	19,66	15,92	24,78	12,46
	Significancia	*	*	ns	**	*	*

Nota: Medias con letra común en las columnas por época no son significativamente diferentes ( $P>0,05$ ).

PG7= porcentaje de primer conteo, PG14= porcentaje de germinación, PE= emergencia, VE (días)= velocidad de emergencia, IVE(días)= índice de velocidad de emergencia, CVE (%)= coeficientes de variación emergencia.

Estos resultados constituyen una referencia para observar la relación que presentaron las variables de HR y PE, indicando que ocurre un efecto altamente significativo y negativo ( $r=-0,85^{**}$ ), lo que indica que a mayor humedad relativa se estimula la presencia de *Alternaria* sp., disminuyendo la emergencia de la semilla. Además, estos valores obtenidos respaldan la estrecha relación que existe entre las condiciones climáticas y los patógenos, arrojando resultados significativos en cuanto al análisis. Sin embargo, se debe ser muy cauto al obtener correlaciones negativas con respecto a la HR y *Alternaria* sp., teniendo en cuenta que conidios de *Alternaria* sp. están presentes en la atmósfera durante todo el año, siendo junio y Julio los meses de mayores niveles de correlación significativa con respecto a la HR, punto de rocío y la tensión de vapor (Paredes et al. 1997).

El PE se ve favorecido por la humedad relativa ( $r=0,85^{**}$ ), al igual que la PG14 por la precipitación ( $r=0,81^{*}$ ). La relación de estas variables apunta a una respuesta de la planta madre a las condiciones ambientales favorecidas por la precipitación en las zonas muestreadas, mediante un desarrollo vigoroso, que da origen a semillas con buen potencial fisiológico; así, durante la época lluviosa, se mantuvo una lámina superior a 106 mm, mientras que durante la época seca, se mantuvo por debajo de 30 mm, lo cual alude un efecto diferencial entre épocas de siembra, aunado al efecto de la HR, con igual efecto diferencial entre las épocas, siendo superior a 79 % durante la época lluviosa para todos los municipios y durante la época seca menor a 67 %. En estudios previos, Olivares et al. (2004) concluye que la producción de semillas está fuertemente determinada por la ocurrencia de precipitaciones durante el período reproductivo, debido a que

la distribución de la lluvia influye directamente durante la fase reproductiva, y particularmente, durante el desarrollo y maduración de las semillas.

Alta HR en las zonas de producción propician la aparición de hongos patógenos de la semilla, lo que puede afectar el vigor de las plántulas desarrolladas. Se encontró una alta correlación negativa y

significativa entre HR con MFA ( $r = -0,70^*$ ) y MFR ( $r = -0,69^*$ ). Era de esperar que la mayor proporción de plántulas emergidas tuviera correlación con mayor MFA ( $r = 0,86^{**}$ ), por todo lo antes discutido.

El proceso de emergencia se ve favorecido por la calidad de la semillas, producidas en ambientes que favorecen un adecuado desarrollo de las plantas madres.

**TABLA 6**

*Matriz de coeficientes de correlación y nivel de significación entre las variables fisiológicas, sanitarias y climáticas.*

Var.	PG7	PG14	PE	MFA	MFR	Fus	Cur	Alt	Pho	Temp	Prec	HR
PG7	1											
PG14	0,30ns	1										
PE	-0,27ns	-0,06ns	1									
MFA	-0,04ns	-0,21ns	0,86**	1								
MFR	0,31ns	0,29ns	0,42ns	0,46ns	1							
Fus	-0,16ns	0,66ns	0,12ns	0,01ns	0,24ns	1						
Cur	0,83**	0,51ns	0,13ns	0,31ns	0,46ns	-0,03ns	1					
Alt	-0,11ns	-0,42ns	-0,78*	-0,67ns	-0,44ns	-0,37ns	-0,52ns	1				
Pho	0,02ns	0,19ns	-0,37ns	-0,17ns	-0,08ns	-0,08ns	0,15ns	0,39ns	1			
Temp	-0,33ns	0,30ns	0,55ns	0,26ns	0,57ns	0,58ns	-0,16ns	-0,35ns	-0,22ns	1		
Prec	0,44ns	0,81*	-0,04ns	-0,17ns	0,33ns	0,37ns	0,59ns	-0,53ns	-0,15ns	0,03ns	1	
HR	0,20ns	-0,09ns	-0,85**	-0,70*	-0,69*	-0,41ns	-0,07ns	0,74*	0,53ns	-0,74*	-0,16ns	1
Alti	0,64ns	0,16ns	0,25ns	0,44ns	0,04ns	-0,15ns	0,75*	-0,40ns	0,11ns	-0,21ns	0,07ns	0,04ns

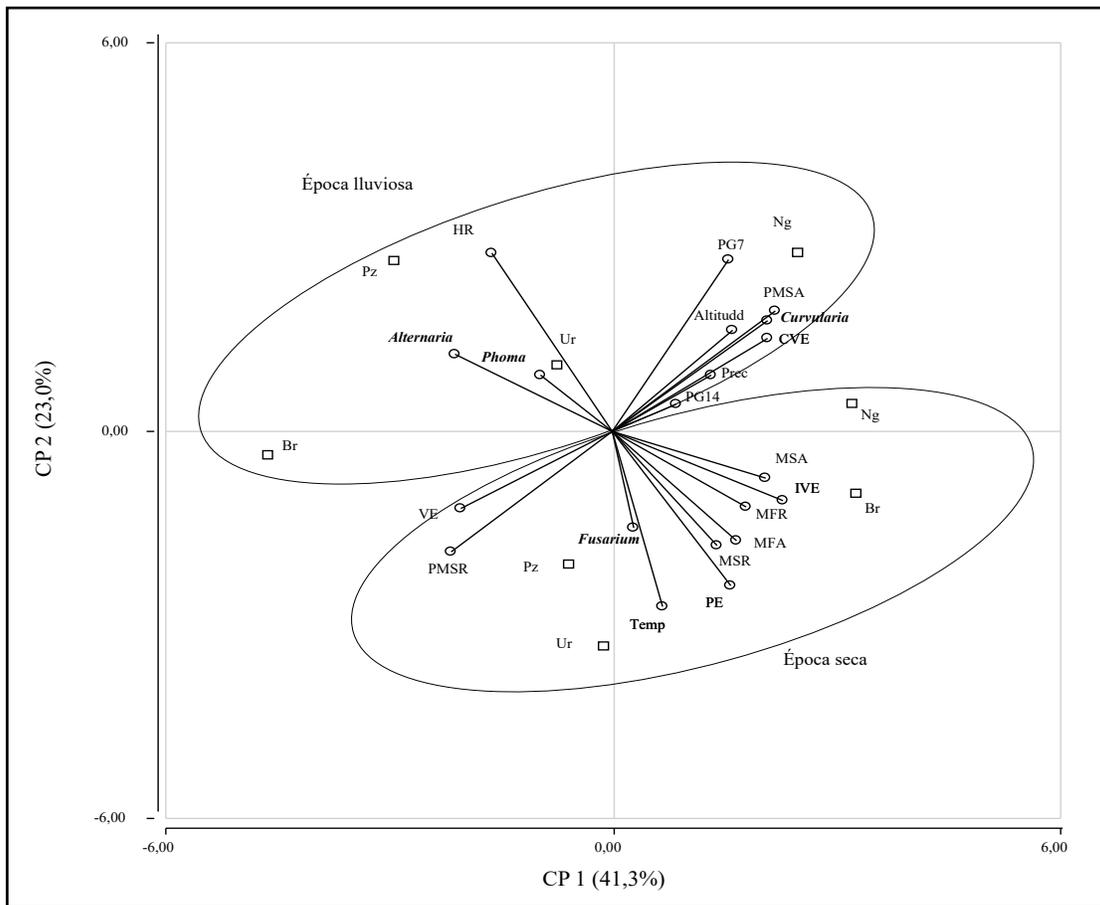
Nota: PG7= Porcentaje de Germinación a los 7 días, PG14= Porcentaje de Germinación a los 14 días, PE= Porcentaje de Emergencia, MFA= Masa Fresca Aérea, MFR= Masa Fresca Raíz, Fus= Fusarium, Cur= Curvulaia, Alt= Alternaria, Pho= Phoma, Temp= Temperatura, Prec= Precipitación, HR= Humedad, Relativa, Alti= Altitud.

En la Figura 1, se muestra el análisis de componente principal (ACP) para el comportamiento de las semillas proveniente de los distintos municipios del estado Yaracuy mediante variables fisiológicas, de rendimiento, frecuencia de potenciales patógenos y factores climáticos en dos épocas del año. Los dos primeros CP explicaron el 64,3 % de toda la variabilidad obtenida en este estudio, mientras que el CP1 por sí solo explicó el 41,3% de esta variación.

Este componente muestra en orden lineal como la calidad de la semilla aumenta de izquierda a derecha, siendo máxima en el extremo derecho. En tal sentido podemos evidenciar un gradiente de calidad entre dos extremos: Bruzual en época lluviosa se corresponde con menor calidad y contrasta con Bruzual en época seca y Nirgua en ambas épocas del año.

**FIGURA 1**

*Análisis de componentes principales para las variables fisiológicas, de rendimiento, frecuencia de potenciales patógenos y factores ambientales.*



Nota: Municipios del estado Yaracuy: Pz. =Páez, Br.= Bruzual, Ng. = Nirgua, Ur. = Urachiche, Variables climáticas: HR=HumedadRelativa, Prec.=Precipitación, Temp.=Temperatura, Alt.=Altitud, Hongos: Alternaria, Curvularia, Phoma, Fusarium. Variables evaluadas: PG7: Porcentaje de germinación a los 7 días, PG14= Porcentaje de Germinación a los 14 días, PE=Porcentaje de emergencia, MFR=Masa Fresca Raíz, MFA=Masa Fresca Parte Aérea.

El CP2, el cual explicó el 23,0 % de la variación, se relaciona con el efecto marcado que tiene la época de siembra sobre la calidad de la semilla. Se muestran círculos que encierran la época seca debajo y lluviosa arriba. Los potenciales patógenos de la semilla como *Aletrnaria* sp., *Phoma* sp. y *Curvularia* sp. se manifiestan en época lluviosa con temperaturas menores en pisos altitudinales más altos. Por otra parte, *Fusarium* spp. mostró mayor frecuencia en las semillas que provienen de las zonas bajas con mayores temperaturas y en época seca.

Este análisis muestra la relación entre las variables de calidad fisiológica (PE, IVE, PG14) y masa de las plántulas (MFA, MFR, MSA y MSR) al tener inercia hacia el cuadrante derecho inferior que se corresponde con las condiciones de Nirgua y Bruzual en época seca. Bareke (2018) refiere que existen factores ambientales, tales como fertilidad, disponibilidad de agua, temperatura, luz y la posición de las semillas en la planta influyen en la viabilidad de las semillas.

El análisis de componentes principales permitió integrar la mayoría de las variables analizadas en el presente estudio, e inferir de acuerdo al agrupamiento, la relevancia de las variables fisiológicas PG7 y PE para explicar el potencial fisiológico de semillas provenientes de los municipios Nirgua y Bruzual, tanto en la época de lluvia como en la época seca. Del mismo modo, se aprecia la íntima relación de las variables altitud y PG7 con la presencia y aparente efecto benéfico del hongo *Curvularia* sp.

### CONCLUSIONES

El cultivar Llanerón, presentó valores dentro del rango en los patrones establecidos para la mayoría de las especies en programas de certificación de semilla, cuyo poder germinativo evidenció su calidad fisiológica, a pesar de su procedencia artesanal. Los resultados sugieren que la localidad Nirgua reúne

condiciones ideales para el cultivo de ají con fines de producción de semillas, tanto en la época lluviosa como en la seca. Se observó una correlación positiva y significativa entre *Curvularia* y PG7, lo cual sugiere el efecto benéfico de la asociación de este hongo con el poder de germinación de la semilla de alguno de los cultivares evaluados.

El análisis de componentes principales explicó el 64.3 % de la variabilidad total observada con el conjunto de variables incluidas en el estudio, permitiendo además inferir la relevancia de las variables fisiológicas PG7 y PE para explicar el potencial fisiológico de semillas provenientes de los municipios Nirgua y Bruzual, tanto en la época de lluvia como en la época seca y apreciar la íntima relación de las variables altitud y PG7 con la presencia y aparente efecto benéfico del hongo *Curvularia* sp.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adetunji, A., Adetunji, T., Varghese, B., Sershen, N., & Pammenter, N. (2021). Oxidative stress, ageing and methods of seed invigoration: An overview and perspectives. *Agronomy*, 11(12), 2369. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122369>
- Ahmed, A., Safi, A., Mohammed, G., & Khalifa, A. (2021). Isolation and identification of fungi from the seeds of Acacia species through applying blotter test method. *Asian Journal of Research in Biosciences*, 3(3), 121 - 131. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2021/v3i330127>
- Akram, M., Hussain, S., Hamid, A., Majeed, S., Chaudhary, S., Shah, Z., Yaqoob, A., Kayani, F., Fareed, K., Mehmood, Z., Basher, S., Ahmed, A., & Akhter, N. (2017). Interactive effect of phosphorus and potassium on growth, yield, quality and seed production of chili (*Capsicum annum* L.). *Journal of Horticulture*, 4(1), 1 - 5. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000186>

- Ayalew, M. (2020). Effects of agronomic factors, physiological factors, seed supply systems and seed marketing systems on sustainability of crop and quality seed production: A review. *Advances in Life Science and Technology*, 80(2), 6 - 16. <https://doi.org/10.7176/ALST/80-02>
- Azofeifa, A., & Moreira, M. A. (2005). Absorción y distribución de nutrientes en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. ucr 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29(1), 77 - 84. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43629108.pdf>
- Bareke, T. (2018). Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(4), 336 - 346. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00334>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. (2009). *Manual de análise sanitária de sementes*. Editorial: Missao Mapa. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/legislacao-metodos-da-rede-lfda/sementes-mudas/manual-de-sementes-site.pdf>
- Canto-Martín, J., Medina-Peralta, S., & Avelino, D. (2004). Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 4(1), 21 - 27. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1489>
- Carvalho, E., Reis, V., Carvalho, M., Rocha, D., Caetano, C., & Fernandes, N. (2024). Validation of the methodology of the germination test using a rolled paper plus vermiculite for treated soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 46, e202446020. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46282001>
- Edmond, J., & Drapala, W. (1958). The effect of temperature, sand, soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 71, 428 - 434. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1539990>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2024). *Seeds*. <http://www.fao.org/seeds/en/>
- Furbeck, S., Bourland, F., & Watson, C. (1993). Relationship of seed and germination measurements with resistance to seed weathering in cotton. *Seed Science and Technology*, 21(3), 505-512. [https://eurekamag.com/research/002/478/002478489.ltid=AfmBOooQmGh8IgQcOTyYYCJX6XBG3znv\\_XKqDQ0dJcWJX7ccgXxH869Q](https://eurekamag.com/research/002/478/002478489.ltid=AfmBOooQmGh8IgQcOTyYYCJX6XBG3znv_XKqDQ0dJcWJX7ccgXxH869Q)
- Houbraken, J., Kocsubé, S., Visagie, C., Yilmaz, N., Wang, X., Meijer, M., & Frisvad, J. (2020). Classification of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Talaromyces* and related genera (Eurotiales): An overview of families, genera, subgenera, sections, series and species. *Studies in Mycology*, 95, 5-169. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.05.002>
- Hussain, T., Ayyub, C., Amjad, M., & Hussain, M. (2021). Analysis of morpho-physiological changes occurring in chilli genotypes (*Capsicum spp.*) under high temperature conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(1). <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.504>
- Johnson, R., & Wichern, D. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (). Pearson Education, Inc. <https://ostad.hormozgan.ac.ir/ostad/>
- Leslie, J., & Summerell, B. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing. DOI: 10.1002/9780470278376

- Maguire, J. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176 - 177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Marcos-Filho, J. (2005). *Fisiología de semillas de plantas cultivadas*. FEALQ. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1183875>
- McDonald, M. (1993). The history of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology*, 17(2), 93 - 100. [https://stjournal.org/wp-content/uploads/2015/07/92-100-STJ\\_V17N2-1993.pdf](https://stjournal.org/wp-content/uploads/2015/07/92-100-STJ_V17N2-1993.pdf)
- Melgarejo, L., Hernández, M., Barrera, J., & Bardales, X. (2004). Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico. Gráficas Ducal. [https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO\\_AJIWEB.pdf](https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO_AJIWEB.pdf)
- Olivares, A., Johnston, M., & Salas, E. (2004). Distribución de la precipitación y producción de semillas de alfilerillo (*Erodium moschatum* (L.) L'Hér). *Agricultura Técnica*, 64(3), 251 - 263. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072004000300008>
- Paiva, A., Poggiani, F., Gonçalves, J., & Ferraz, A. (2009). Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. *Scientia Forestalis*, 37(84), 499 - 511. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap18.pdf>
- Paredes, M., Martínez, J., Silva, I., Tormo, R., & Muñoz, A. (1997). Influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de esporas de las especies de *Alternaria* Nees ex Fr. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 23, 541 - 549. [https://www.aerouex.es/publica/Bol\\_Sanid\\_Veg\\_Plagas\\_23\\_541\\_549.pdf](https://www.aerouex.es/publica/Bol_Sanid_Veg_Plagas_23_541_549.pdf)
- Pire, R., & Colmenárez, O. (1996). Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamiento del elemento. *Agronomía Tropical*, 46(4), 353 - 370. [http://www.sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at4604/arti/pire\\_r.htm](http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4604/arti/pire_r.htm)
- Pire, R., Arteaga, L., & Viloria, A. (1998). Desarrollo radical del pimentón (*Capsicum annum* L.) bajo tres distancias de siembra y su relación con el peso de los frutos. *Bioagro*, 10(3), 80 - 83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1290408>
- Ramírez-Jaramillo, G. y Lozano-Contreras, M.G. (2018). Áreas potenciales para el establecimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de riego en la península de Yucatán. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*. 33(75), 85 - 90. <https://www.revistadelcentrodegraduados.com/2019/12/areas-potenciales-para-el.html>
- Steel, R., & Torrie, J. (1988). *Bioestadística: Principios y procedimientos* (). McGraw-Hill. [https://www.academia.edu/35066774/Steel\\_Robert\\_G\\_Bioestadistica\\_Principios\\_Y\\_Procedimientos\\_2ed](https://www.academia.edu/35066774/Steel_Robert_G_Bioestadistica_Principios_Y_Procedimientos_2ed)
- Ventura, L., Donà, M., Macovei, A., Carbonera, D., Buttafava, A., Mondoni, A., Rossi, G., & Balestrazzi, A. (2012). Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60, 196-206. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.08.008>
- Zakaria, N., Ismail, M., Awang, Y., Megat Wahab, P.,

& Berahim, Z. (2020). Effect of root restriction on the growth, photosynthesis rate, and source and sink relationship of chilli (*Capsicum annuum* L.) grown in soilless culture. *BioMed Research International*, 2020(1), 2706937. <https://doi.org/10.1155/2020/2706937>