

DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE
UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

Por

PAULA ANDREA UPEGUI ESPITIA

1. INTRODUCCIÓN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas; en Colombia y específicamente en Nariño crece como planta silvestre y semi-silvestre en las zonas altas de 1500 a 3000 msnm y temperaturas entre los 13 y los 18°C. La uvilla es considerada una fruta exótica, por tal razón su aceptación en el mercado internacional es muy alta debido a su exquisitez, tiene un alto valor nutricional y se le han atribuido propiedades medicinales¹.

Estas características y el hecho de que el país presente zonas privilegiadas para su óptima producción, hacen necesario optimizar los mecanismos para la producción y así lograr ubicar la fruta como una de las más preferidas. Uno de esos mecanismos es la obtención de semillas con las mejores características genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias que garanticen la

¹ COLLAZOS, O. Manejo agronómico de materiales de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la región de Tierradentro, Departamento del Cauca. CORPOICA, Cartilla ilustrada No. 31, 2000. 17 p.

respuesta que puede presentar el cultivo a prácticas agrícolas como la fertilización, riego, labores sanitarias, etc.

La Facultad de Ciencias Agrícolas por intermedio de la línea de Investigación en Producción de Frutales Andinos tiene dentro de sus propósitos la producción de genotipos de uvilla que muestren alta adaptación y uniformidad, tanto en su arquitectura como en productividad y calidad de fruta; estos cultivares van a requerir de un sistema de producción de semillas de calidad, que permita garantizar el mantenimiento de la calidad productiva de los progenitores.

El desarrollo de la agricultura moderna depende en gran porcentaje de la calidad de los insumos utilizados; el más importante insumo es la semilla y de su calidad depende la respuesta que puede presentar un cultivo a su desarrollo y rendimiento final.

En este sentido, el presente trabajo pretende hacer aportes al entendimiento de la madurez fisiológica de las semillas de uvilla, con el fin de establecer las mejores condiciones fisiológicas para la obtención de semillas de alta calidad, mediante la identificación de los cambios morfológicos y anatómicos que ocurren en el fruto durante el proceso de formación de la semilla de uvilla, a partir de la antesis y el análisis de la dinámica de la calidad fisiológica y del contenido de materia seca de la semilla de uvilla, desde la antesis hasta la madurez de cosecha.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), es originaria del Perú; también existen indicios de que proviene del Brasil y fue aclimatada en los altiplanos del Perú y Chile. Entre Chile y Colombia crece como planta silvestre y semi-silvestre en zonas altas entre los 1500 y los 3000 msnm. Hace más de 200 años fue introducida por los españoles en Sudáfrica como fruto antiescorbuto².

Aparte de Colombia, Sudáfrica es el país de mayor producción, y de allí la uvilla ha sido distribuida a Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, Hawai y la India, donde se está cultivando comercialmente. Sin embargo, hoy se la encuentra en casi todos los altiplanos de los trópicos y en varias partes de los subtrópicos, incluyendo Malasia, China y el Caribe entre otras³.

²FISCHER, G. Aspectos fisiológicos del desarrollo de la uchuva *Physalis peruviana* L. En memorias IV Seminario Nacional Recursos Vegetales Promisorios. Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 1989. Pp. 9-19.

³CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Y DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN NACIONAL. Análisis internacional del sector hortofrutícola para Colombia. Editorial El Diseño. Bogotá, 1994, pág. 165.

Según Pérez⁴, la uvilla es clasificada como una maleza, común en las tierras frías de Colombia; Romero⁵, destaca su importancia por ser muy rústica, crecer en toda clase de suelos, preferir los rastrojos y lugares más o menos sombreados. El National Research Council⁶, la describe como una planta pionera para campos recientemente creados y todavía sin vegetación y destaca su robustez, habilidad de adaptación, afirmando que está predestinada para áreas marginales. También se siembra en asociación con otros cultivos para un uso más efectivo de la tierra, como por ejemplo con los frutales curuba, feijoa, tomate de árbol y hortalizas como arveja y fríjol, o también con tubérculos, maíz y cereales.

El género *Physalis* (familia Solanacea), incluye unas 100 especies herbáceas perennes y anuales cuyos frutos se forman y permanecen dentro del cáliz; casi todas en estado silvestre y muy pocas en estado semi-silvestre, siendo la *Physalis peruviana* la más utilizada por su fruto azucarado. También, las frutas de las especies *Physalis angulata* y *Physalis minima*, que crecen en el Sureste de Asia como malezas, son comestibles; de igual

⁴ PEREZ, A. Plantas útiles de Colombia. Madrid: Editorial sucesores, 1986. Pp. 707-708.

⁵ROMERO, 1991. Frutas silvestres de Colombia. Santa Fe de Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, 1991. Pp. 458-460.

⁶NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Goldenberry (Cape gooseberry), en lost crops of the incas. National Academy Press, Washington, pp. 241-251. 1989.

manera los frutos de la *Physalis ixocarpa* y la *Physalis pruinosa*^{7,8}.

La uvilla (*Pisáís peruviana* L.), originaria de los Andes suramericanos, es la especie más conocida de este género y se caracteriza por tener un fruto azucarado y buenos contenidos de vitaminas A y C, además de hierro y fósforo. En diferentes regiones de Colombia se le atribuyen propiedades medicinales tales como las de purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, aliviar problemas en la garganta, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas, ser un calcificador y controlar la amibiasis⁹.

2.2 CARACTERES MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS DE LA PLANTA DE UVILLA

La planta de uvilla presenta un crecimiento indeterminado, lo cual significa que el meristemo terminal permanece vegetativo durante todo el ciclo. Así, después del comienzo de la floración, el crecimiento vegetativo (hojas, ramas y raíces) y reproductivo (flores y frutos) siempre tienen lugar al mismo tiempo y la planta no entra en receso, tampoco después de un pico

⁷LEGGE, A. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L, en Journal of the Royal Horticultural Society. 1974. PP 310-314.

⁸VERHEIJ, E Y CORONEL, R. Plant resources of South-East Asia. Editorial Pudoc Wageningen, 1991. Pp 254-256.

⁹ CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Y DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN NACIONAL. Op. Cit. 165.

grande de cosecha. Bajo condiciones tropicales la uchuva no muestra un crecimiento cíclico o estacional; sin embargo, las condiciones agroecológicas y el desgaste de la planta por las producciones permanentes disminuyen su tasa de crecimiento a lo largo de su desarrollo¹⁰.

Medina¹¹, analizó algunos aspectos relacionados con el tipo de crecimiento de la uchuva indicando que ésta tiene una capacidad de macollamiento del 100% y que todas sus yemas son productivas; las ramas que crecen más de 1 m. toman apariencia flácida y sus frutos son pequeños y se desprenden con facilidad, lo cual indica la necesidad de planear un cultivo con podas. Las primeras ramas (ramas primarias) poseen muchas yemas de baja productividad; estas ramas se bifurcan a los 0.25 m. dando origen a las ramas secundarias, de alta producción, que pueden prolongarse hasta 1 m. sin pérdida de vigor. Posteriormente, las ramas secundarias se bifurcan en forman similar, originándose las ramas terciarias (r3).

Según Fischer¹², la mayoría de las raíces son fibrosas, el sistema radical es ramificado y profundiza con sus raíces principales hasta unos 50 cm a 80 cm; las raíces que se forman de estacas crecen más superficiales, causando un sistema radical débil y una mayor precocidad de la producción, pero con ciclo productivo más corto.

¹⁰ FLOREZ, V.; FISCHER, G y SORA, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 175 p

¹¹ MEDINA, M. El cultivo de la uchuva tipo exportación. *Agricultura Tropical*, 28(2):55-65. 1991.

¹²FISCHER, G. Op.Cit. p.10.

Esta planta es perenne, herbácea, arbustiva y fuertemente ramificada desde la base; crece normalmente sin tutorado, hasta una altura de 1 a 1,5 m; con poda y espaldera puede llegar hasta 2.5 m o más. La uvilla presenta hojas alternas, simples, pecioladas, acorazonadas y altamente pubescentes. Tienen un tamaño entre 5 a 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho¹³.

Las flores son solitarias, pedunculadas y hermafroditas, se originan en las axilas y están constituidas de una corola amarilla en forma tubular, originada de cinco pétalos soldados y con cinco puntos morados en su base.

En un estudio sobre biología floral, en la India, la floración inició 70 a 80 días después de la siembra y el tiempo entre iniciación de botones florales y la antesis fue de 19 a 23 días. Durante la floración (3 a 4 días) la corola abrió en la mañana y cerró en la noche¹⁴. En el mismo estudio, la mayor cantidad de frutos (85% de cuajado) se desarrolló con una polinización abierta (no artificial). Las flores son polinizadas por insectos y por el viento, aunque la autopolinización es común.

El cáliz gamosépalo está formado por cinco sépalos persistentes, es vellosa con venas salientes, y con una

¹³ANGULO, 1988. Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Memorias Cuso Frutales de Clima frío. Tíbacuy: Fedecafe, 1988. Pp 1-3.

¹⁴GUPTA, S. Y ROY, S. The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L. Solanaceae). Indian Journal of Agricultural Science. 51(5):353-355, 1981.

longitud de unos 4 a 5 cm, cubre completamente el fruto durante todo su desarrollo; inicia su alargamiento cuando ha pasado la fecundación. Durante los primeros 40 a 45 días de su desarrollo es de color verde, pero con la maduración del fruto va perdiendo clorofila volviéndose de color pergamino al final. Es importante porque protege el fruto contra insectos, pájaros, enfermedades y situaciones climáticas extremas, además de servir como una fuente indispensable de carbohidratos durante los primeros 20 días del crecimiento del fruto¹⁵.

2.3 DESARROLLO Y MORFOLOGÍA DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA

En las plantas superiores la reproducción sexual se inicia con la floración, continúa con la polinización, fertilización, embriogénesis y termina con el desarrollo, crecimiento y maduración del fruto¹⁶.

Durante la floración, el polen es transferido de la antera al estigma, donde germina y crece a través del estigma y del estilo como un delgado tubo polínico. Sobre el extremo del tubo polínico van los dos núcleos espermáticos los cuales alcanzan el saco embrionario; uno de los núcleos espermáticos se une a la oosfera, realizándose la fecundación propiamente dicha, que da origen al cigoto, a partir del cual se desarrolla el embrión de la planta; el segundo núcleo espermático se fusiona con el núcleo secundario del saco embrionario

¹⁵FISCHER, G. Op.Cit.

¹⁶LUTTE, U.; KLUGE, M y BAUER, G. Botánica. Madrid : McGrawHill, 1993. 572 p.

dando lugar a un nuevo núcleo a partir del cual se producirá un tejido de reserva alimenticia para el embrión¹⁷.

Weier, T. ¹⁸, afirma que la fecundación da lugar a una serie de cambios en el saco embrionario y en otros tejidos del óvulo, los cuales conducen al desarrollo de la semilla. La pared del ovario sufre profundos cambios morfológicos, anatómicos e histológicos y se transforman en el pericarpio del fruto y que en la madurez está formado por tres capas más o menos diferenciadas conocidas como exocarpo, mesocarpo y endocarpo.

En uvilla el fruto es una baya jugosa en forma de globo u ovoide con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm, pesa de 4 a 10 g., contiene unas 100 a 300 semillas pequeñas, de forma lenticular, que están desprovistas de hilos placentarios. La pulpa está formada por tejido procedente tanto del pericarpio como de la placenta¹⁹.

El fruto se desarrolla durante unos 60 a 80 días después del inicio de la floración, según las condiciones agroecológicas del sitio y es de color amarillo-naranja cuando madura. En la región de Tierradentro (Cauca),

¹⁷HARTMANN, H Y KESTER, D. Propagación de plantas. México: Continental, 1981. 693 p.

¹⁸WEIER, T. Botánica. México: Limusa, 1992. 338 p.

¹⁹ VALENCIA, M. Anatomía del fruto de la uchuva, en Acta Biológica Colombiana 1(2), 1985. Pp. 63-69.

transcurrieron 107.5 días entre el inicio de la floración y la cosecha, que ocurre durante todo el año²⁰.

El desarrollo en tamaño y peso tiene un rápido crecimiento durante los primeros 10 días después del cuajamiento, de la misma manera que el cáliz, el cual tiene al final el doble del tamaño del fruto. Mientras el fruto aumenta constantemente su tamaño hasta el día 60 de su desarrollo, el cáliz termina su expansión después de 20 a 25 días y siempre es más largo que ancho; el fruto tiende a crecer más en longitud entre el día 10 y 25 después del cuajamiento, contrario a lo que sucede durante su madurez, cuando crece más en diámetro²¹.

La semilla es el producto de la fecundación del óvulo por el polen, bien sea en forma autógama o con ayuda de agentes polinizadores. En el caso de la uchuva, las flores amarillas y campaniformes son polinizadas fácilmente por los insectos o por el viento, lo cual origina en una misma plantación, frutas con características diferentes. Las uvillas propagadas por semillas varían en crecimiento, vigor, rendimiento y calidad del fruto²².

²⁰ COLLAZOS, O. Manejo agronómico de materiales de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la región de Tierradentro, Departamento del Cauca. CORPOICA, Cartilla ilustrada No. 31, 2000. 17 p.

²¹FISCHER, G. Op.Cit. p. 15

²²SANDHU, A; SINGH, S; MINHAS, P Y GREWAL,G. Rhizogenesis of shoot cutting of raspberry (*Physalis peruviana* L.). Indian Journal of Horticulture. 46(3): 376-378, 1989.

La semilla es la forma más utilizada por la mayoría de cultivadores de uvilla en Colombia. En diversos estudios se ha encontrado que el peso promedio de 1000 semillas es de 1 g. Un fruto de las uchucas colombianas produce en promedio 210 a 240 mg de semillas, que corresponden a un número de 250 a 320 por fruto. La semilla representa, en promedio, el 5.4% en peso con relación al fruto. Las semillas presentan un poder germinativo de 6 a 7 años, cuando se almacenan en condiciones de humedad relativa baja (40 a 50%), poca luz y a una temperatura de 10 a 13°C²³.

2.4 MADUREZ FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA

La madurez del fruto y de la semilla constituye la última fase del proceso reproductivo y se caracteriza por la presencia de profundos cambios físicos y químicos en ambas estructuras. Después de la fertilización del óvulo, el ovario comienza a aumentar rápidamente de tamaño; este incremento de tamaño va acompañado de cambios de color, peso, contenido de humedad, olor, sabor, textura y consistencia, así como del incremento de carbohidratos, ácidos orgánicos, minerales y compuestos nitrogenados²⁴.

²³VILLAMIZAR, F; RAMÍREZ, A Y MENES, M. 1993. Estudio de caracterización física, morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuca (*Physalis peruviana* L.), en *Agro Desarrollo* 4 (1-2), págs. 305-320.

²⁴ LUTTE, U.; KLUGE, M y BAUER, G. Op. Cit. p. 120.

Durante la fase de maduración del fruto se seca la semilla, hay poco o ningún aumento en el contenido de materia seca, permaneciendo constante; el contenido de humedad desciende hasta un porcentaje entre el 10 y el 20%, finalmente se separa la conexión con la planta madre, cortando el suministro de agua y formando un punto de debilidad estructural del que se puede separar la semilla madura. El tiempo que se requiere para alcanzar este estado depende de las condiciones climáticas²⁵.

Según Popinigis²⁶, el punto de máximo peso de la materia seca, coincide con aquel en el cual la semilla alcanza el máximo vigor y poder germinativos; en este punto, la semilla puede desempeñar eficientemente todas las funciones fisiológicas propias y se denomina punto de madurez fisiológica; de este momento en adelante, el peso seco, el vigor y el poder germinativo tienden a disminuir debido a procesos de deterioro.

La maduración fisiológica comprende todas las alteraciones morfológicas, fisiológicas, biológicas y funcionales que ocurren en las semillas desde la etapa de la fecundación del ovulo hasta que adquiere su independencia de la planta (Madurez fisiológica)²⁷.

²⁵ GUPTA, S. Y ROY, S. Op. Cit. P. 354

²⁶ POPINIGIS, F. Fisiología da semente. 1985. 2ª ed. Brasilia. 289 p.

²⁷ AZEVEDO, J., y LAUDARES, L. Inf. Agropecuario, Belo Horizonte, 8(91):28-31. 1982.

El estudio de los procesos de maduración de la semilla, es útil principalmente para determinar el punto de cosecha ideal, cuando se requiere obtener semillas de alta calidad. Se debe anotar que el punto de madurez fisiológica varía con la especie y está en función de las condiciones nutricionales y ambientales²⁸.

La cosecha en la etapa adecuada de madurez de la semilla es esencial para obtener un rendimiento máximo, minimizar el deterioro en el campo, los daños mecánicos y producir semillas de alta calidad. Las características de sanidad y vigor de la semilla llegan a su punto máximo en el momento de la madurez fisiológica y luego comienzan a deteriorarse²⁹.

2.5 GERMINACIÓN Y VIGOR

La germinación constituye el evento crucial y final en la vida de una semilla; representa tanto la realización como el cumplimiento básico de la semilla, que es la propagación. Una buena germinación implica la transformación del embrión en una plántula con un sistema radicular capaz de absorber agua y nutrientes y con una superficie foliar capaz de realizar la fotosíntesis³⁰.

²⁸GONCALVES, M., y NASCIMENTO, W. Determinacao do ponto de maturidade fisiologica de sementes de ervilha cv. Dileta. Hort. Brasileira, 12(2):184-186. 1994.

²⁹AGUIRRE, R. Y PESKE, S. Manual para el beneficio de semillas. Cali, Colombia: CIAT, 1988. 356 p.

³⁰THOMSON, J. Introducción a la tecnología de semillas. España: Acribia, 1979. 301 p.

El vigor de la semilla se refiere a todos aquellos atributos de la semilla de carácter morfológico y fisiológico, que contribuyen a una emergencia rápida y un desarrollo uniforme de las plántulas bajo diferentes condiciones de campo. El vigor puede afectarse por daño en el embrión durante la recolección o el tratamiento posterior, factores ambientales, y las condiciones nutricionales de la planta madre, estados de madurez en el momento de la recolección, tamaño de la semilla, senescencia y patógenos.

Chen³¹ (1972) comprobaron la influencia del vigor seminal en el crecimiento y desarrollo de plantas hortícolas como zapallo, rábano y nabo; las semillas vigorosas dieron origen a plantas de superior comportamiento que aquellas provenientes de semillas de bajo vigor. Araujo et al³² afirman que el vigor y la capacidad germinativa de las semillas dependen de la madurez del fruto.

Las pruebas de germinación son indicadores de madurez. En frutos de los ecotipos Colombia, Kenia y Sudáfrica, que tenían entre 35 a 84 días de cuajados, Almanza y Espinosa citados por Florez et al³³ extrajeron la semilla y la pusieron a germinar en cubos de espuma (por ser los que presentan mejores condiciones de germinación) y

³¹CHEN, C. Influence of quality of seed on growth, development and productivity of some horticultural crops. Proc. Int. Seed Tests Ass. 37(3):923-939. 1972.

³²ARAUJO, E.; MANTOVANI, E. y DA SILVA R. Influencia da idade e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de abobora. Rev. Bras. Sem. Brasilia, 4(1):77-87. 1982

³³FLOREZ, V.; FISCHER, G y SORA, A. Op. Cit. p. 20

encontraron que, cuando el fruto alcanza la madurez fisiológica, las semillas pasan de un color blanquecino a pardo oscuro (42 días) y están aptas para germinar. Estos autores hallaron que el ecotipo Colombia es el primero en alcanzar esta madurez y el último es Sudáfrica³⁴.

Uno de los principales problemas que presenta la germinación de la semilla es la desuniformidad debida a factores genéticos y a otros relacionados con la madurez del fruto y al almacenamiento; en este sentido, Criollo e Ibarra³⁵ realizaron un ensayo en condiciones de invernadero con temperatura de 22°C, para determinar la influencia del grado de madurez y el tiempo de almacenamiento de los frutos sobre el poder germinativo, encontrando que las semillas de los frutos maduros almacenadas durante una semana presentan los mayores porcentajes de germinación.

³⁴FLOREZ, V.; FISCHER, G y SORA, A. Op. Cit. p.20

³⁵CRIOLO, H e IBARRA, V. Germinación de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes grados de madurez y tiempo de almacenamiento. Acta Horticulturae, 1992. Pp. 183-187.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo de campo se realizó en el municipio de Pasto, Granja de Botana, ubicada a 2800 msns, una precipitación anual de 900 mm y temperatura promedio de 12°C, entre los meses de junio-noviembre de 2004, en cultivos de uvilla ya instalados de un año de edad. La fase de evaluación de semillas correspondiente a la emergencia y vigor se hizo bajo condiciones de la ciudad de Mocoa, a una temperatura media de 24°C y 80% de humedad relativa, mientras que la germinación se realizó bajo las condiciones del Invernadero de la Universidad de Nariño localizado en Botana.

3.2. METODOLOGÍA

En un cultivo de uvilla ya instalado se procedió a marcar un mínimo de 200 flores en el momento de la antesis (Figura 1); cada 15 días a partir de la fecha de marcaje, o sea a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días, se cosecharon 30 frutos para su evaluación inmediata.

Las evaluaciones se hicieron sobre los 30 frutos recién cosechados en cada uno de los períodos experimentales; se

abrieron en forma transversal y se procedió a la extracción manual y lavado de las semillas.



Figura 1. Estado de la flor, muy próximo a la antesis, en que se hizo la marcación.

Las semillas se lavaron con agua corriente hasta eliminar completamente los restos de pulpa; se eliminaron los excesos de agua con papel secante y se evaluó inmediatamente la humedad y peso seco³⁶.

Las evaluaciones correspondieron a:

3.2.1. Morfología y anatomía del fruto y de la semilla

Sobre la muestra de 10 frutos recién cosechados, se realizó una descripción morfológica, tanto externa como interna, evaluando al mismo tiempo el diámetro, el peso con y sin cáliz, color externo y color de la pulpa.

De las semillas extraídas se tomaron muestras de 10 semillas/fruto para hacer una descripción morfológica externa e interna con ayuda del estereoscopio.

3.2.2 Materia seca y contenido de humedad

Del lote de semillas recién extraídas se pesaron dos muestras de aproximadamente 5g, las cuales se sometieron a secado en estufa durante 1 hora a 130-133°C para obtener un peso seco final. El porcentaje de humedad en base húmeda se determinó, con una cifra decimal, mediante la fórmula:

³⁶ALVARENGA, E. Maturacao fisiológica de sementes de abobora italiana. Revista Brasileira de sementes 13(2):147-150, 1991.

$$\%humedad(basehúmeda) = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

donde:

M_1 = Peso en gramos, del recipiente y su tapa.

M_2 = Peso en gramos, del recipiente, su tapa y contenido, antes del secado.

M_3 = Peso en gramos, del recipiente, su tapa y contenido, después del secado.

En aquellos casos en que la diferencia en el contenido de humedad, evaluado sobre dos muestras del mismo tratamiento, superó el 0.2%, fue necesario repetir el procedimiento³⁷.

3.2.3 Porcentaje de Germinación

El porcentaje de germinación de las semillas se evaluó con 4 muestras de 50 semillas colocadas sobre cajas petri y papel filtro humedecido a una humedad relativa del 95% y a una temperatura media de 25°C, en un período de 15 días, tiempo durante el cual se tomaron lecturas diarias de germinación, considerando germinación como la emergencia de radícula.

3.2.4 Porcentaje de emergencia e Índice de vigor

Para la evaluación de la emergencia y vigor se tuvo en cuenta la velocidad de emergencia en campo, propuesta por

³⁷ESPAÑA. Ministerio de Agricultura. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid: Danubio, 1977. 182 p.

Popinigis³⁸, con base en los datos diarios de emergencia observados en bandejas con un sustrato arena:suelo (1:2); se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas cada una y se hicieron observaciones diarias de plántulas emergidas normales, hasta que no se observaron incrementos en la emergencia; este último valor correspondió al porcentaje de emergencia de las semillas.

El número de plántulas emergidas diariamente se dividió por el número de días para sumar al final todos los resultados correspondientes a cada repetición y obtener así el índice de vigor por repetición. O sea que,

$$IVr = \sum_i^n Pi/di, \text{ siendo}$$

IVr = Índice de vigor por repetición.

Pi = No. plantas emergidas en el primer día de emergencia
y

di = No. de días correspondiente a la lectura Pi .

3.2.5 Diseño experimental

El diseño experimental que se tuvo en cuenta para el análisis de las variables: peso del fruto con cáliz, peso del fruto sin cáliz, humedad de semillas, materia seca de semillas, porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia y vigor, fue un irrestrictamente al azar (DIA) con 6 tratamientos correspondientes a la épocas de evaluación (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días).

³⁸POPINIGIS, F. Op. Cit.

En el caso de las variables correspondientes al fruto se evaluaron 10 frutos (repeticiones); para la evaluación de humedad de la semilla se utilizaron 3 repeticiones y para germinación, emergencia y vigor, cuatro repeticiones.

3.2.6 Análisis estadístico

El análisis de la información se realizó mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de promedios para aquellas variables que mostraron significancia estadística. Además, se analizó la dinámica de las variables estudiadas a través del tiempo, mediante análisis de regresión lineal, teniendo en todos los casos como variable independiente, las seis épocas de evaluación. Se analizaron diferentes modelos y se seleccionó aquel que mostró un mayor valor de R^2 y menor CV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA DEL FRUTO

A pesar de que la evaluación se hizo sobre plantas de un mismo genotipo, pudieron observarse diferencias tanto en la forma como en el tamaño de los frutos, a través del tiempo de evaluación; es probable que por tratarse de una planta predominantemente alógama y de poca selección dirigida, se esté presentando mucha variabilidad en las plantas.

Los frutos cosechados 15 días después de la antesis, son de color verde pálido, con estrías reticulares de color verde más oscuro (Figura 2a) y con gran cantidad de una sustancia mucilaginososa de sabor amargo y de apariencia pegajosa que puede observarse en todos los frutos, aún en los que están en estado de madurez. La pulpa que rodea a las semillas es semiseca y de color blanco. El cáliz que envuelve al fruto es de color verde con nervaduras moradas.





Figura 2. Frutos de uvilla (*Physalis peruviana* L.) observados en diferentes épocas a partir de la antesis; a) con cáliz; b) sin cáliz.

Las semillas en este estado son de color blanco y al ser observadas al estereoscopio muestran un contenido acuoso y cristalino, no diferenciable, que ocupa el 100% de la cavidad seminal.

A los 30 días, los frutos son de color verde muy claro, con líneas reticulares difusas (Figura 2b); al desprender el fruto, se observa una cicatriz pentagonal con tejido esponjoso alrededor de las estrías. El cáliz es verde con nervaduras de color morado (Figura 2a).

Un corte transversal del fruto muestra una pulpa de apariencia esponjosa, de color blanquecino, con semillas

lenticulares blancas y traslúcidas en su interior, que en promedio mostraron una longitud de 1,05mm y un ancho de 0,6 mm., que se desprenden fácilmente.

Al cortar la semilla se observó en el interior una sustancia semilíquida, cristalina y amorfa que corresponde al embrión. Las paredes que lo contienen son gruesas y de consistencia blanda y traslúcida.

Los frutos de 45 días adquieren una coloración verde brillante, con estrías reticulares muy visibles y de color verde intenso (Figura 2b); al cortar el fruto se puede observar una pulpa esponjosa de apariencia seca, en la cual se distribuyen las semillas en forma similar a la observada en tomate (*Lycopersicon esculentum*) y que se separan muy fácilmente. Tienen una longitud media de 2,1 mm por 0,75 mm de ancho.

La semilla es de color blanco; puede cortarse fácilmente, observándose un saco seminal bien definido, con paredes gruesas y blandas, que contiene una sustancia mucilaginosa y cristalina que comienza a tomar una coloración blanca.

Los frutos cosechados a los 60 días comienzan a perder el color verde intenso en las zonas opuestas al punto de inserción y las estrías a desaparecer (Figura 2b); el cáliz sigue siendo verde y las nervaduras moradas (Figura 2a).

Al cortar el fruto se observó una pulpa de apariencia más húmeda que las anteriores en la cual se distribuyen las semillas que comienzan a oscurecer, tomando algunas (30%) una coloración crema clara y de forma lenticular que se desprenden con una mayor dificultad; sus medidas promedias son del orden de 1,85 mm de largo por 1,45 mm de ancho.

Al hacer un corte transversal de las semillas pudo observarse una consistencia más dura tanto en sus paredes externas como en la correspondiente al embrión, el cual ya se encuentra diferenciado, emergiendo una estructura tubular al presionar la semilla; el endospermo y el embrión presentan una consistencia de pasta semidura y de apariencia cristalina.

Setenta y cinco días después de la antesis, los frutos comienzan a presentar coloraciones amarillas y desaparecen las estrías como síntomas visibles de madurez (Figura 2b), aunque el cáliz continúa siendo verde con estrías de color morado (Figura 2a).

Un corte transversal del fruto muestra una pulpa de color amarillo, de apariencia muy húmeda y con semillas distribuídas axilarmente, que presentan alguna dificultad para ser extraídas. Las semillas son lenticulares, con dimensiones promedias de 2,05 mm de largo por 1,80 mm de ancho; un 70% de ellas son de color crema y un 30% continúan siendo blancas, lo cual demuestra que la maduración de las semillas se hace en forma gradual.

El corte de las semillas muestra una mayor dureza de la testa, que ahora se vuelve de difícil penetración; las partes embrionarias presentan semejanza con las semillas evaluadas a los 60 días, aunque aparentemente son más consistentes.

Los frutos de 90 días son completamente amarillos, incluido el cáliz que toma una coloración amarilla y una consistencia apergaminada (Figuras 2a y 2b). La pulpa es amarilla y de consistencia acuosa, las semillas son de color crema oscura, de 2.15 mm de largo y de 1,80 mm de ancho, de difícil penetración.

Al cortar transversalmente una semilla, se puede observar una testa que se diferencia del embrión por su coloración crema, en contraste con los tejidos embrionarios que son blancos y de apariencia traslúcida. Al igual que en semillas de 60 y 75 días, al presionar la semilla, emergen los cotiledones de forma tubular y muy alargada.

4.2 EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO

La dinámica del crecimiento del fruto se analizó con base en las variables longitud, diámetro ecuatorial, peso total (con cáliz) y peso del fruto sin cáliz.

4.2.1 Longitud del fruto.

En la Tabla 1 se consignan los datos correspondientes a la longitud de los frutos en las diferentes etapas, a partir de la antesis; el análisis de varianza (Anexo 1) mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos correspondientes a los grados de madurez del fruto.

Tabla 1. Valores del diámetro (cm) y longitud del fruto (cm), peso del fruto con y sin cáliz (g), en diferentes épocas de evaluación (días después de la antesis=dda)
* Datos promedios de 10 frutos.

Epoca (dda)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso fruto+P. cáliz (g)	Peso del fruto (g)
15	0.92	0.90	0.55	0.26
30	1.14	1.05	0.95	0.53
45	1.28	1.30	1.65	1.06
60	1.50	1.59	2.58	1.85
75	1.70	1.80	3.82	3.22
90	1.79	1.98	4.67	4.18

La prueba de Tukey (Tabla 2) permite establecer que el crecimiento del fruto en cuanto a longitud se da hasta los 75 días (1.70cm); a partir de esta fecha, el crecimiento se estabiliza y la longitud del fruto a los 75 días no difiere estadísticamente de la longitud final alcanzada a los 90 días (1.79 cm). Estos dos

tratamientos difieren estadísticamente de las demás evaluaciones.

Los frutos cosechados a los 60 días presentaron una longitud de 1.50 cm con diferencias estadísticas significativas respecto a los frutos de 45 y 30 días, entre los cuales no se presentaron diferencias con longitudes de 1.28 y 1.14 cm, respectivamente. Los frutos de 15 días presentaron los menores valores de longitud (0.92cm) con diferencias estadísticas significativas respecto a los demás frutos.

TABLA 2. Comparación de promedios (Tukey 0.05) de longitud del fruto (cm) en frutos de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.92	A
30	1.14	B
45	1.28	B
60	1.50	C
75	1.70	D
90	1.79	D

Comparador Tukey 0.05 = 0.16

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

En la expresión gráfica de estos datos (Figura 3), puede observarse una etapa inicial de rápido crecimiento que se mantiene hasta los 75 días, época en la cual, los incrementos en longitud se reducen, lo cual significa que se terminó la fase de crecimiento y se inicia la etapa de maduración.

El análisis de regresión para la longitud de fruto, mostró un comportamiento de tipo cuadrático, representado por el modelo:

$$Long = 0.0435 (\text{días}) - 0,00032 (\text{días})^2$$

Este modelo presentó un $r^2 = 98.7\%$, lo cual es una medida de la bondad del modelo ya que permite afirmar que el 98,7% de la variación de los datos correspondientes a la longitud del fruto de uvilla, se ajustan al modelo propuesto.

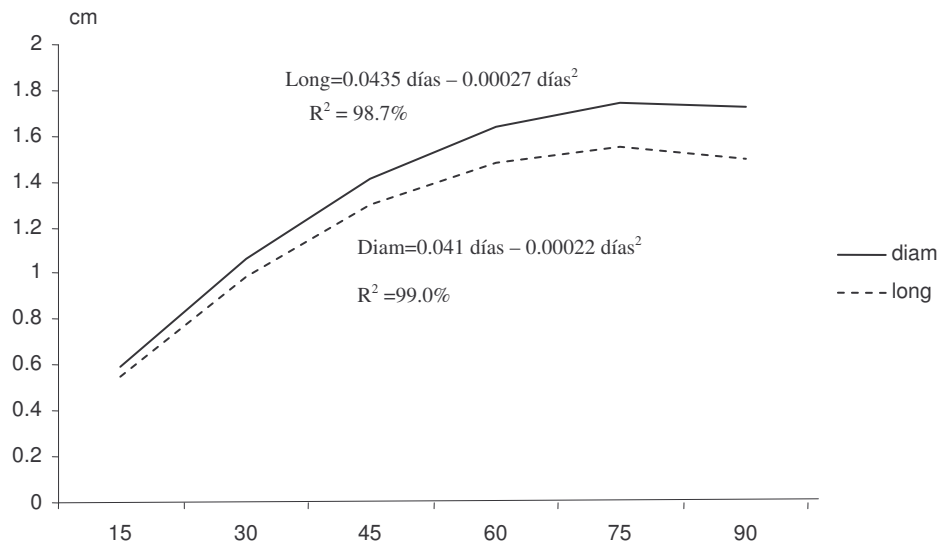


Figura 3. Comportamiento de la longitud (cm) y diámetro (cm) de los frutos de *P. peruviana* L. a partir del momento de la antesis.

4.2.2 Diámetro del fruto.

Los datos correspondientes al diámetro del fruto tomados cada 15 días a partir del momento de la antesis se observan en la Tabla 1; el análisis de varianza (Anexo 2) permitió establecer diferencias altamente significativas entre tratamientos, indicando el efecto de la edad con el crecimiento de los frutos.

La prueba de Tukey (Tabla 3) mostró, igual que en la variable longitud del fruto, que aquellos tratamientos correspondientes a las etapas iniciales de crecimiento del fruto, presentan los menores valores en cuanto al diámetro, lo cual permite afirmar que el fruto de la *P. peruviana* tiene un crecimiento uniforme en su largo y ancho, a través del tiempo.

TABLA 3. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del diámetro de frutos (cm) de *P. peruviana* de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.90	A
30	1.05	B
45	1.30	C
60	1.59	D
75	1.80	E
90	1.98	F

Comparador Tukey 0.05 = 0.15

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

El mayor diámetro de los frutos se encontró a los 90 días (1.98cm) con diferencias estadísticas significativas respecto a los frutos de 75 días, los cuales alcanzaron un diámetro de 1.80 cm. El diámetro de frutos a los 60 días fue de 1.59 cm y difirió estadísticamente del diámetro alcanzado a los 45 días que fue de 1.30 cm. Los menores valores se encontraron en frutos de 15 días (0.88cm) con diferencias estadísticas respecto a todos los demás tratamientos; estas observaciones demuestran que el crecimiento del fruto de *P. peruviana* es constante hasta su madurez completa a los 90 días después de la antesis.

Se pudo establecer que en el lapso de 75 días después de la antesis, los frutos duplicaron sus dimensiones. El análisis de regresión, permitió determinar el comportamiento del diámetro, el cual pudo expresarse mediante el modelo cuadrático:

$$Diam = 0.041días - 0.00022días^2$$

Este modelo presentó un $r^2 = 99.0\%$, indicando claramente la bondad del modelo, ya que explica el 99% de la variación del diámetro de los frutos(Figura 3).

4.2.3 Peso total del fruto.

El peso de los frutos, incluido el cáliz, cosechados en diferentes épocas de crecimiento, se pueden observar en la Tabla 1. El análisis de varianza (Anexo 3) mostró

diferencias altamente significativas entre los tratamientos correspondientes a la edad de los frutos.

Al comparar los promedios correspondientes al peso de los frutos (Tabla 4), incluido el cáliz, pudo determinarse que aquellos cosechados 15 y 30 días después de la anthesis, no presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo los de menor peso (0.55 y 0.95 g, respectivamente); estos mismos tratamientos presentaron diferencias significativas con respecto al peso de los frutos de 75 días (3.82 g) y de 90 días (4.67 g), éstos últimos estadísticamente similares.

TABLA 4. Comparación de promedios (Tukey 0.05) del peso de frutos (incluido caliz)(g) de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.54	A
30	2.02	A
45	1.65	AB
60	2.56	AB
75	3.82	BC
90	4.67	C

Comparador Tukey 0.05 = 2.02

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

Tal como sucedió en las variables longitud y diámetro, el peso del fruto con cáliz obedece al patrón normal de crecimiento de los seres vivos, con una región inicial de lento crecimiento, seguida por un crecimiento acelerado que se estabiliza al final del periodo de maduración del fruto.

El análisis de regresión permitió determinar el comportamiento del peso de los frutos a través del tiempo, como cuadrático; correspondió a un modelo de la forma; el

$$PF_{tot} = 0.024 \text{ días} + 0.00032 \text{ días}^2$$

cual, permitió una explicación del 99.8% (R^2) de los datos, indicando que la variación observada en el peso total del fruto, se debió en gran parte al tiempo transcurrido a partir de la antesis (Figura 4).

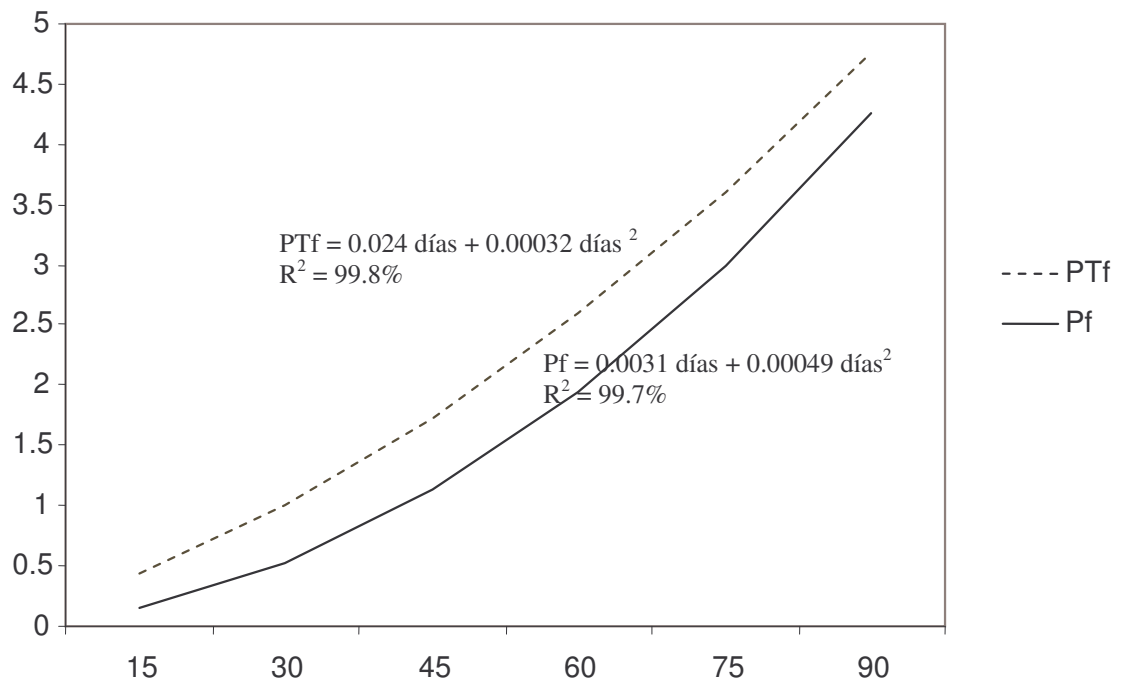


Figura 4. Comportamiento del peso total del fruto (incluido el cáliz) y del peso del fruto (sin cáliz) de *P. peruviana* L. a través del tiempo.

4.2.4 Peso del fruto sin cáliz

Los pesos promedios de frutos frescos de *P. peruviana* se consignan en la Tabla 1; el análisis de esta variable mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos correspondientes a la edad de los frutos (Anexo 4).

La prueba de Tukey (Tabla 5) permitió establecer que los frutos de 15 y 30 días, con un peso de 0.26 y 0.53g, no presentaron diferencias estadísticas, demostrándose que en principio el incremento del peso es lento. A los 45 días después de la antesis se obtuvo un peso total del fruto (sin cáliz) de 1.06 g sin diferencias estadísticas respecto a los frutos de 30 días, pero sí con respecto a los de 60 días que presentaron un peso de 1.85 g.

Al final de la etapa de crecimiento (90 días después de la antesis), los frutos alcanzaron su mayor peso (4.18 g), con diferencias estadísticas significativas con respecto a todos los demás tratamientos. El peso de los frutos a los 75 días (3.22 g), mostró diferencias estadísticas significativas con respecto a los tratamientos de 15, 30, 45 y 60 días.

El comportamiento del peso del fruto a través del tiempo transcurrido desde la antesis (Figura 4), se determinó mediante un análisis de regresión lineal.

TABLA 5. Comparación de promedios (Tukey 0.05) del peso de frutos frescos(g) de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.26	A
30	0.53	AB
45	1.06	B
60	1.85	C
75	3.22	D
90	4.18	E

Comparador Tukey 0.05 = 0.71

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

El modelo cuadrático de la forma:

$$P\text{Fruto} = 0.0031\text{días} + 0.00049\text{días}^2$$

permitió establecer que el 99.7% (R^2) de la variación de los datos correspondientes al peso del fruto fresco (sin cáliz) se ajustó a este modelo; en forma similar al peso del fruto con cáliz, se puede afirmar que la variación observada en el peso de los frutos a través del tiempo, es debida en gran proporción al tiempo transcurrido.

4.2.5 Contenidos de humedad de las semillas

Los contenidos de humedad de semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos con diferente grado de madurez, se

consignan en la Tabla 6. Puede observarse un decrecimiento progresivo de la humedad a medida que los frutos incrementan su grado de madurez.

El análisis de varianza (Anexo 5), mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos correspondientes a los días transcurridos a partir de la antesis.

Al realizar la prueba de Tukey (Tabla 7), pudo establecerse que los contenidos de humedad de las semillas fueron en constante disminución, a medida que la madurez del fruto se incrementó. Las semillas provenientes de frutos de 15 y 30 días después de la antesis presentaron los mayores contenidos de humedad y sin diferencias estadísticas entre ellos, con 92,70% y 90.77% de humedad, respectivamente.

Los anteriores tratamientos difirieron estadísticamente con el menor contenido de humedad de las semillas de frutos de 45 días (68.27%) y estos a su vez con las semillas de frutos de 60 días, las cuales presentaron una humedad del 50.31%.

Las semillas provenientes de frutos de 75 y 90 días después de la antesis presentaron los menores contenidos de humedad y con tendencia a estabilizarse, con valores de 34.21% y 31.92%, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellas, pero sí con las demás.

Tabla 6. Contenido de humedad de semillas (%), poder germinativo (%), emergencia (%) y vigor de semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos de diferentes edades.

DDA	REPET	%HUMED	%GERM	%EMERG	VIGOR
15	1	91.67	0	0	0
	2	96.56	0	0	0
	3	87.98	0	0	0
	4		0	0	0
30	1	93.14	0	0	0
	2	91.06	0	0	0
	3	88.12	0	0	0
	4		16	12	0.43
45	1	72.18	24	16	0.68
	2	67.78	18	14	0.5
	3	64.87	30	18	0.69
	4		22	22	0.83
60	1	55.43	54	48	1.93
	2	50.91	62	46	1.76
	3	44.6	56	58	2.20
	4		50	54	2.35
75	1	40	78	76	3.88
	2	32.2	82	80	4.01
	3	32.43	68	74	3.82
	4		92	78	3.61
90	1	28.77	86	80	4.82
	2	35.86	94	74	4.47
	3	31.14	92	82	4.98
	4		84	78	4.16

TABLA 7. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del contenido de humedad de semillas(%) de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	92.07	A
30	90.77	A
45	68.27	B
60	50.31	C
75	34.21	D
90	31.92	D

Comparador Tukey 0.05 = 11.60

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

Tal como lo explican Milthorpe y Moorby³⁹, este comportamiento de la humedad se debe a la sustitución de materiales osmóticos por carbohidratos y otras moléculas de gran tamaño, las cuales tienen baja capacidad para absorber agua. Además se determina con este comportamiento que las semillas se encuentran en un proceso de acumulación de reservas durante el tiempo de maduración del fruto.

Los valores correspondientes a los contenidos de humedad de las semillas mostraron una tendencia (Figura 5) que respondió al modelo cúbico siguiente:

$$hum = 0.18días^2 + 0.001días^3$$

³⁹MILTHORPE, F. y MOORBY, J. Introducción a la fisiología de cultivos. Buenos Aires, Ed. Hemisferio Sur. 259 p. 1982.

Con un $R^2=0.983$, que indica que un alto porcentaje de la variación del comportamiento del contenido de humedad de las semillas de uvilla a través del tiempo de maduración de los frutos, está explicada por el modelo propuesto y que confirman los datos obtenidos en las pruebas de comparación de medias.

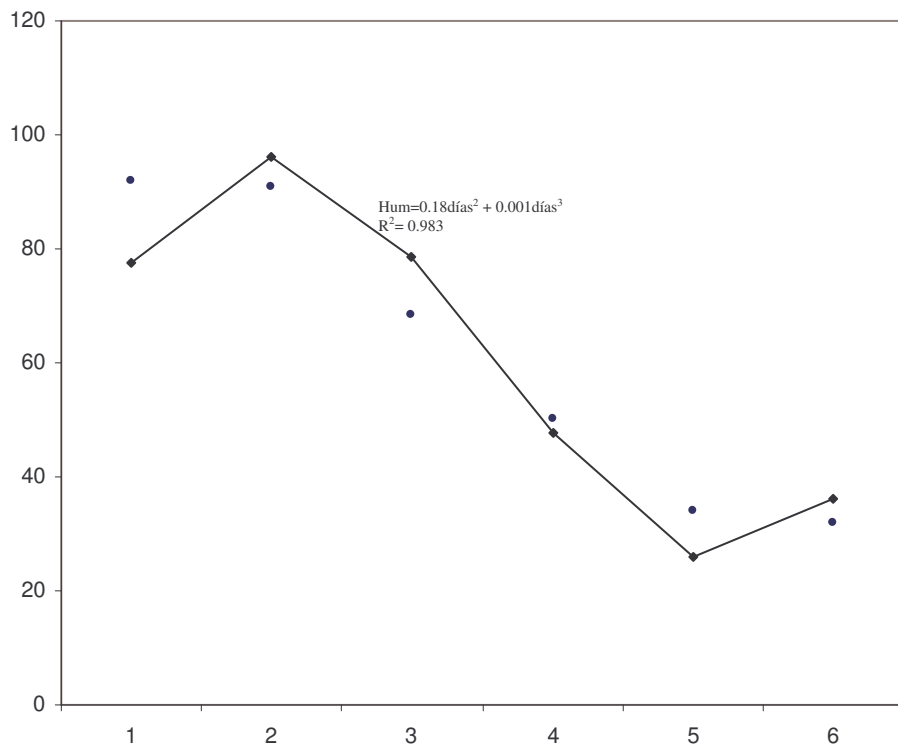


Figura 5. Tendencia del porcentaje de humedad de semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos con diferentes grados de madurez.

4.2.6. Germinación de las semillas.

Los porcentajes de germinación de las semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos cosechados con diferentes intervalos de tiempo contados a partir de la antesis, se pueden observar en la Tabla 6.

El comportamiento general obedeció, como se observa en todas las variables evaluadas, al tiempo de madurez de los frutos; la germinación se incrementó con la edad de los frutos.

El análisis de varianza (Anexo 6) mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, los cuales al compararse con la prueba de Tukey (Tabla 8), mostraron diferencias estadísticas significativas; las semillas de frutos de 15 y 30 días no presentaron diferencias entre sí, con porcentajes de germinación de 0% y 4%, respectivamente, pero difirieron de los demás tratamientos. Las semillas de frutos de 45 días (23.5%) mostraron diferencias con respecto a la germinación de semillas de frutos de 60, 75 y 90 días, las cuales presentaron porcentajes de germinación de 55.5%, 80.0% y 89.0%, respectivamente; no se presentaron diferencias estadísticas entre los dos últimos tratamientos, lo cual permite afirmar que a partir de los 75 días, las semillas alcanzan un aceptable nivel de madurez fisiológica que les permite mantener altos niveles de poder germinativos.

TABLA 8. Comparación de promedios (Tukey 0.05) del poder germinativo de semillas(%) de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.00	A
30	4.00	A
45	23.50	B
60	55.50	C
75	80.00	D
90	89.00	D

Comparador Tukey 0.05 = 14.07

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

El comportamiento de la variable con relación al tiempo de madurez de las semillas (Figura 6), correspondió a un modelo de la forma:

$$\%germ = -1.1días + 0.05días^2 - 0.0003días^3,$$

con un $r^2=0.99$. Este modelo establece unos valores bajos e incrementos lentos durante las primeras etapas del desarrollo del fruto y de las semillas, una etapa de rápido incremento en los porcentajes de germinación y una tendencia a la estabilidad al final de la madurez de los frutos y semillas.

Trabajando con semillas de zapallo, Criollo encontró un comportamiento similar, con baja germinación en las primeras etapas de desarrollo del fruto, rápido incremento entre los 45 y 60 días y luego estabilidad⁴⁰.

⁴⁰CRIOLLO, H. Op. Cit. p. 70

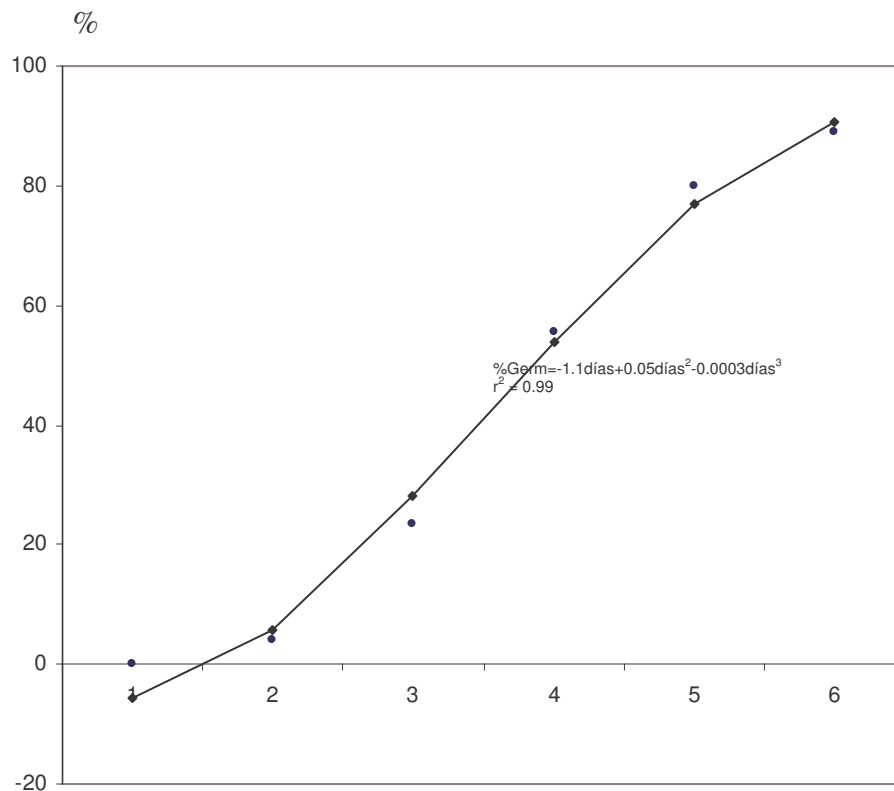


Figura 6. Comportamiento de la germinación (%) de semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos con diferente grado de madurez.

Se puede destacar la existencia de una alta relación entre el decrecimiento de los contenidos de humedad de las semillas con el incremento en el poder germinativo, lo cual es explicable, tal como lo afirman Carvalho y Nakagawa⁴¹, en que a través del tiempo, las semillas acumulan material fotosintético hasta un nivel en que se hace posible la independencia del fruto y la capacidad para originar a una nueva planta.

⁴¹ CARVALHO, N. y NAKAGAWA, J. Sementes: ciencia, tecnologia e producao. 2^a. ED. Campinas, Crgill. 1983. 429p.

4.2.7 Emergencia de las semillas.

La emergencia de plántulas normales en condiciones más adversas a las condiciones para la evaluación de la germinación, es una forma eficaz para establecer realmente el vigor de las semillas, eliminando aquellas que no son capaces de romper el sustrato para salir a la superficie y aquellas que emergen pero que no son plántulas normales.

En todos los casos evaluados, la emergencia fue inferior a la germinación; en la Tabla 6 se observan los datos de plántulas emergidas provenientes de semillas de frutos con diferente grado de maduración.

El análisis de varianza (Anexo 7) mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, demostrándose que el grado de madurez de los frutos y semillas influyó en su capacidad de emergencia.

La prueba de Tukey (Tabla 9) mostró que aquellas semillas provenientes de frutos de 15 y 30 días tuvieron los menores valores de emergencia (0.0 y 3.0%) sin diferencias estadísticas entre ellos. Las semillas de frutos de 45 días permitieron mayor emergencia que los anteriores (17.5%) y menor que las semillas de 60 días (51.5%), con diferencias estadísticas significativas.

TABLA 9. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) de la emergencia de semillas(%) de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.00	A
30	3.00	A
45	17.50	B
60	51.50	C
75	77.00	D
90	78.50	D

Comparador Tukey 0.05 = 9.0

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

Semillas provenientes de frutos de 75 y 90 días después de la anthesis, mostraron los mayores valores de emergencia de plántulas normales (77.0 y 78.5%) sin diferencias estadísticas entre ellas. Como se ha observado con las variables anteriores, al final la emergencia tiende a estabilizarse, lo cual permite afirmar que las semillas están alcanzando su madurez fisiológica, después de lo cual ya no es posible observar incrementos en la emergencia.

Estas evaluaciones sobre la capacidad de emergencia de las semillas en un sustrato que incluye suelo, pueden considerarse como muy aproximadas a la valoración del vigor real de las semillas, ya que como lo afirma Perry⁴², existe consenso a nivel internacional, en el sentido de

⁴² PERRY, D. Metodología y aplicación de los ensayos de vigor. En: Manual de métodos de ensayos de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España, sf. 56p.

que cuando se colocan semillas en un medio que se asemeja al medio natural de cultivo, se tiene una expresión más real de su verdadero potencial.

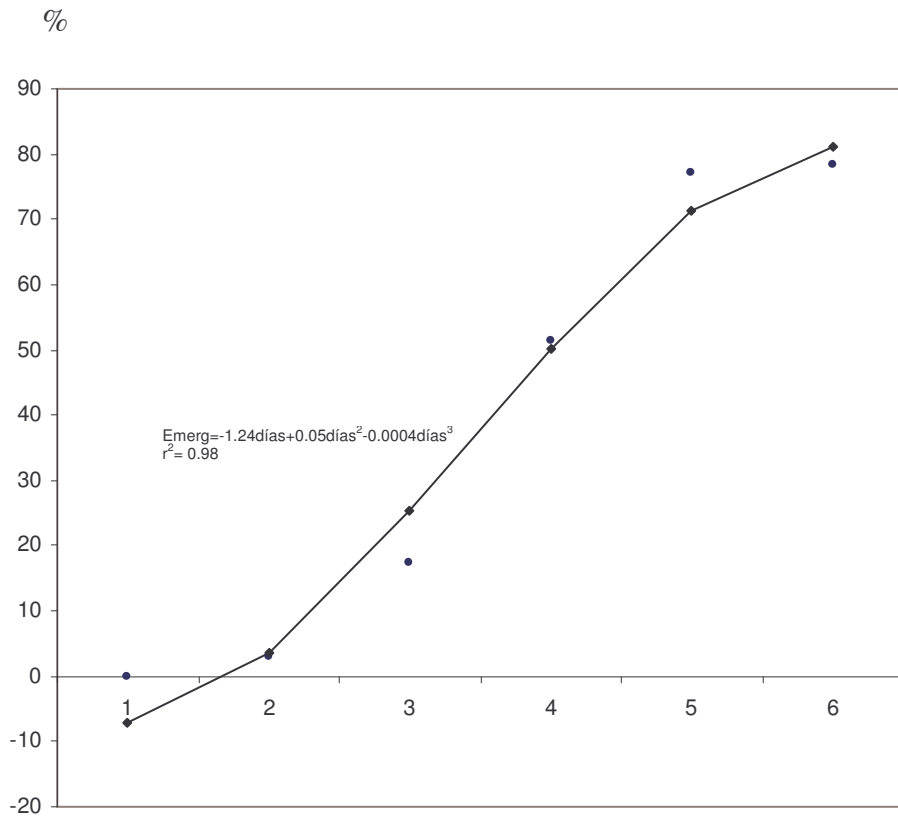


Figura 7. Emergencia de semillas de *P. peruviana* provenientes de frutos con diferente grado de madurez.

La tendencia cúbica sigmoidea fue también característica del comportamiento de esta variable; valores de emergencia mínimos cuando las semillas tienen menos días (15 y 30), incremento rápido de la emergencia cuando las semillas son de 45 y 60 días y estabilidad al final,

cuando las semillas provienen de frutos de 75 y 90 días (Figura 7). Con un $r^2=0.98$, el modelo que explica un mayor porcentaje de los datos obtenidos fue:

$$Emerg = -1.24días + 0.056días^2 - 0.0004días^3$$

4.2.8 Vigor de las semillas.

En la evaluación de semillas, el vigor es una de las principales propiedades a tener en cuenta debido a que es un indicativo de la velocidad germinativa de las semillas unida a la capacidad de romper el sustrato para emergencia; además, según Delouche⁴³, el vigor puede considerarse una prueba de la capacidad de desempeño de planta en el campo, es decir que semillas vigorosas darán origen a plantas vigorosas y más productivas. Los datos correspondientes al vigor de las semillas provenientes de frutos con diferentes grados de madurez, se observan en la Tabla 6. El análisis de varianza (Anexo 8), mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los grados de madurez de las semillas.

La prueba de comparación de promedios de Tukey (Tabla 10) mostró que las semillas de 90 días contados a partir de la antesis presentaron un mayor vigor (4.61), con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos. Las semillas de 75 días, con 3.83 de índice de vigor, fueron superiores a las de 60, 45, 30 y 15

⁴³DELOUCHE, J. Determinants of seed quality. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University, Mississippi, 1971.

días, cuyos índices de vigor fueron de 2.06, 0.67, 0.10 y 0.00, respectivamente. Entre las semillas de 30 y 15 días, no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Estas observaciones coinciden con Criollo⁴⁴, cuando afirma que las semillas a pesar de alcanzar altos potenciales germinativos como en este caso las semillas de 75 días, requieren de un periodo más prolongado para completar la acumulación de reservas, principalmente de almidones, que les permitan alcanzar un mayor vigor como las semillas de 90 días.

TABLA 10. Comparación de promedios (Tukey 0.05) del vigor de las semillas de *P. peruviana*, de diferentes edades.

TRATAM	PROMEDIO	GRUPO
15	0.00	A
30	0.10	A
45	0.67	B
60	2.06	C
75	3.83	D
90	4.61	E

Comparador Tukey 0.05 = 0.49

Promedios con diferente letra difieren estadísticamente

El análisis de regresión para el vigor de las semillas de *P. peruviana*, permitió establecer un modelo cúbico de la forma:

⁴⁴CRIOLLO, H. Determinación de la madurez fisiológica y potencial de almacenamiento de semillas de zapallo (*Cucúrbita moschata* (Duch. ex Lam) (Duch. ex Poir), variedad Bolo verde. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, 1998. 121 p.

$$\text{Vigor} = -0.045\text{días} + 0.0019\text{días}^2 - 0.000009\text{días}^3$$

el cual, con una $r^2=0.99$, mostró ser el mejor modelo ya que explica un 99% de la variación de los datos obtenidos para el vigor de las semillas de uvilla (Figura 8).

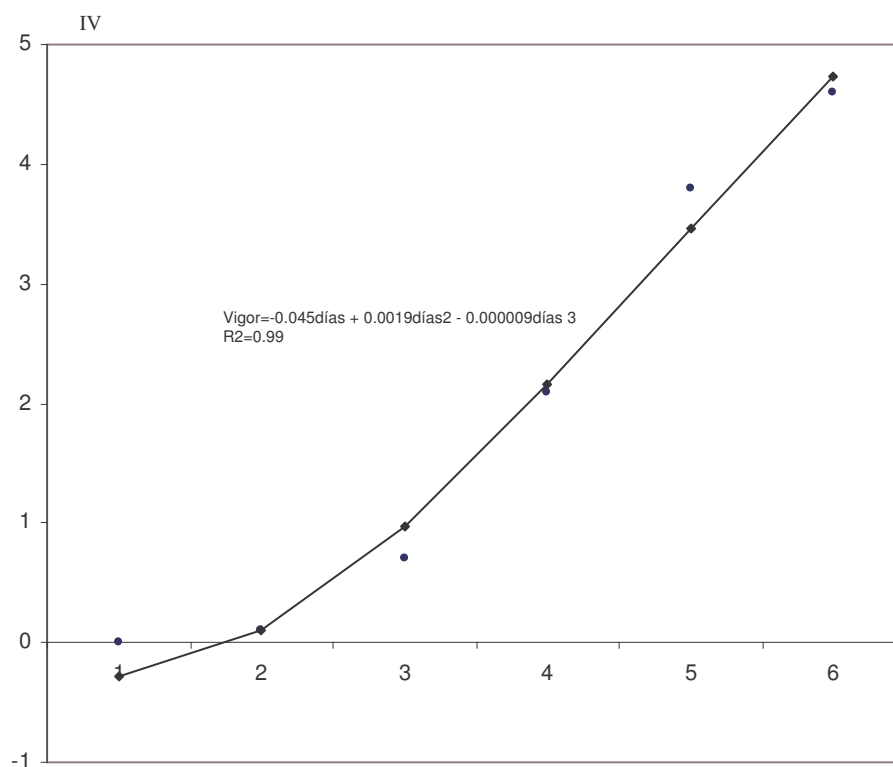


Figura 8. Índice de vigor de semillas de *P. peruviana* extraídas de frutos con diferentes grados de madurez

4.2.9 Madurez fisiológica de las semillas de *P. peruviana*.

En la Figura 9 se puede observar la dinámica, a través del tiempo, de las variables contenido de humedad, materia seca, porcentaje de germinación, emergencia y

vigor de las semillas. Esta última variable se multiplicó por 10 para hacerla visible su comportamiento en el gráfico.

El contenido de humedad comienza con los máximos valores y decrece paulatinamente hasta estabilizarse en semillas con 75 y más días de edad a partir de la antesis. Contrario a este comportamiento, las variables materia seca, germinación, emergencia y vigor, iniciaron con valores mínimos y se incrementaron hasta alcanzar valores máximos estables a partir de los 75 días después de la antesis.

Si se tienen en cuenta los criterios emitidos por Popinigis⁴⁵ y por Miranda⁴⁶, según los cuales la madurez fisiológica coincide con el punto de máximo contenido de materia seca, época en la cual se encuentra coincidencia con el máximo vigor y poder germinativos, se puede afirmar que las semillas de *P. peruviana* cosechadas en condiciones de Botana, a partir de los 75 días, han alcanzado una adecuada madurez fisiológica y poseen las condiciones necesarias para mostrar un mayor potencial de desempeño en el campo, garantizando una mayor productividad.

Sin embargo, si se tienen en cuenta los máximos valores alcanzados en el índice de vigor en frutos de 90 días

⁴⁵POPINIGIS, F. Op. Cit.

⁴⁶MIRANDA, F. Madurez fisiológica de semillas. En: Lecturas selectas de Fisiología vegetal. Editado por Luis Vicente Malaver, Palmira. Pp.:13-20. 1991.

contados a partir de la antesis, puede establecerse una mayor garantía de calidad fisiológica de semillas de uvilla con frutos de 90 días, ya que como lo afirma Carvalho y Nakagawa⁴⁷, las semillas completamente maduras presentan un desarrollo físico y fisiológico que les garantiza la máxima expresión del vigor.

Mantener los frutos de *P. peruviana* por un tiempo superior a los 90 días, implica un mayor riesgo de perder calidad de sus semillas por daños climáticos o bióticos como las plagas y enfermedades.

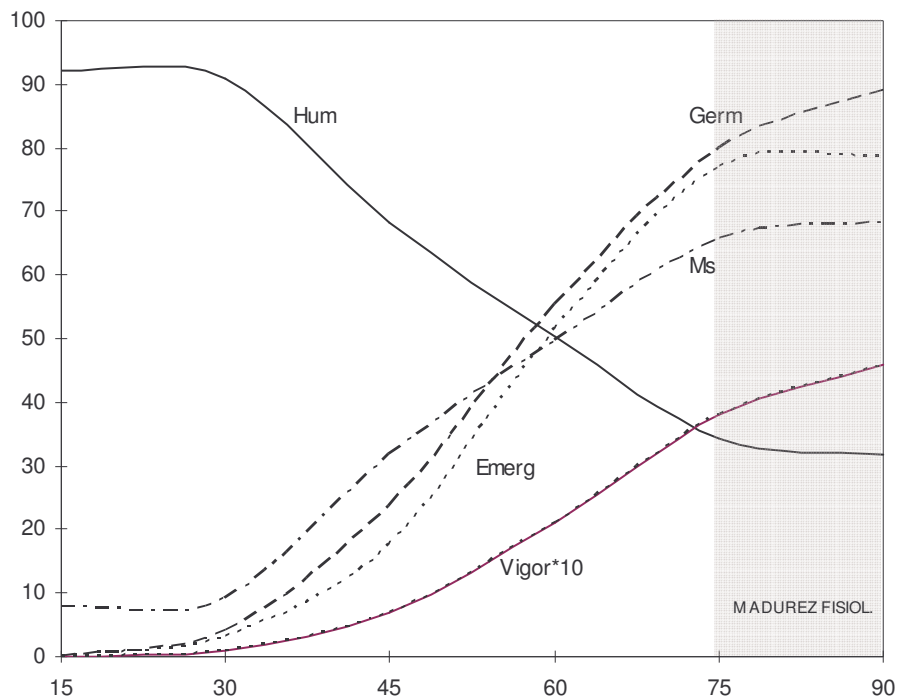


Figura 10. Dinámica de la madurez fisiológica de semillas de *P. peruviana*, a través del tiempo de su maduración.

⁴⁷ CARVALHO, N. y NAKAGAWA, J. Op. Cit. P. 199.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- 5.1.1 El inicio en el cambio de coloración del cáliz del fruto de la uvilla (*P. peruviana*) es un claro indicio de su madurez fisiológica.
- 5.1.2 El cambio de color blanco a crema de las semillas de uvilla está asociado con su madurez fisiológica; a los 75 días después de la antesis se obtiene un 70% de semillas de color crema.
- 5.1.3 La mayor longitud y peso del fruto con cáliz, se alcanzó a los 75 días después de la antesis; sin embargo el diámetro y el peso del fruto sin cáliz solamente alcanzaron los valores máximos a los 90 días.
- 5.1.4 En el fruto, las semillas de *P. peruviana*, alcanzaron una humedad mínima del 31.9% cuando completaron una edad de 90 días a partir de la antesis.
- 5.1.5 El poder germinativo y la emergencia de plántulas alcanzaron sus máximos valores a partir de los 75 días después de la antesis; sin embargo, el mayor

vigor de las semillas de *P. Peruviana*, se determinó a los 90 días después de la antesis.

5.1.6 Bajo las condiciones de producción de semillas en Botana, se puede establecer que las semillas de *P. peruviana* alcanzan su madurez fisiológica a partir de los 75 días después de la antesis.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Determinar el efecto del peso o tamaño de las semillas de *P. peruviana* sobre el vigor.

5.2.2 Evaluar el potencial y métodos de almacenamiento de semillas de *P. peruviana* bajo diferentes condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, R. Y PESKE, S. Manual para el beneficio de semillas. Cali, Colombia: CIAT, 1988. 356 p.
- ALVARENGA, E. Maturacao fisiológica de sementes de abobora italiana. Revista Brasileira de sementes 13(2):147-150, 1991.
- ANGULO, 1988. Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Memorias Cuso Frutales de Clima frio. Tibacuy: Fedecafe, 1988. Pp 1-3.
- ARAUJO, E.; MANTOVANI, E. y DA SILVA R. Influencia da idade e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de abobora. Rev. Bras. Sem. Brasilia, 4(1):77-87. 1982
- AZEVEDO, J., y LAUDARES, L. Inf. Agropecuario, Belo Horizonte, 8(91):28-31. 1982.
- CARVALHO, N. y NAKAGAWA, J. Sementes: ciencia, tecnologia e producao. 2ª. ED. Campinas, Crgill. 1983. 429p.
- COLLAZOS, O. Manejo agronómico de materiales de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la región de Tierradentro, Departamento del Cauca. CORPOICA, Cartilla ilustrada No. 31, 2000. 17 p.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Y DEARTAMENTO DE PLANEACIÓN NACIONAL. Análisis internacional del sector hortofrutícola para Colombia. Editorial El Diseño. Bogotá, 1994, pág. 165.
- CRIOLLO, H. Determinación de la madurez fisiológica y potencial de almacenamiento de semillas de zapallo (*Cucúrbita moschata* (Duch. ex Lam) (Duch. ex Poir), variedad Bolo verde. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, 1998. 121 p.
- CRIOLLO, H e IBARRA, V. Germinación de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes grados de madurez y tiempo de almacenamiento. Acta Horticulturae, 1992. Pp. 183-187.
- CHEN, C. Influence of quality of seed on growth, development and productivity of some horticultural crops. Proc. Int. Seed Tests Ass. 37(3):923-939. 1972.

DELOUCHE, J. Determinants of seed quality. Seed Technology Laboratory. Missisipi State University, Missisipi, 1971.

ESPAÑA. Ministerio de Agricultura. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid: Danubio, 1977. 182 p.

FISCHER, G. Aspectos fisiológicos del desarrollo de la uchuva *Physalis peruviana* L. En memorias IV Seminario Nacional Recursos Vegetales Promisorios. Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 1989. Pp. 9-19.

FLOREZ, V.; FISCHER, G y SORA, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 175 p.

GONCALVES, M., y NASCIMENTO, W. Determinacao do ponto de maturidade fisiologica de sementes de ervilha cv. Dileta. Hort. Brasileira, 12(2):184-186. 1994.

GUPTA, S. Y ROY, S. The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L. Solanacea. Indian Journal of Agricultural Science. 51(5):353-355, 1981.

HARTMANN, H Y KESTER, D. Propagación de plantas. México: Continental, 1981. 693 p.

LEGGE, A. Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L, en Journal of the Royal Horticultural Society. 1974. PP 310-314.

LUTTE, U.; KLUGE, M y BAUER, G. 1993. Botánica. Madrid : McGrawHill, 1993. 572 p.

MEDINA, M. El cultivo de la uchuva tipo exportación. Agricultura Tropical, 28(2):55-65. 1991.

MILTHORPE, F. y MOORBY, J. Introducción a la fisiología de cultivos. Buenos Aires, Ed. Hemisferio Sur. 259 p. 1982.

MIRANDA, F. Madurez fisiológica de semillas. En: Lecturas selectas de Fisiología vegetal. Editado por Luis Vicente Malaver, Palmira. Pp.:13-20. 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Goldenberry (Cape gooseberry), en lost crops of the incas. National Academy Press, Washington, pp. 241-251. 1989.

PEREZ, A. Plantas útiles de Colombia. Madrid: Editorial sucesores, 1986. Pp. 707-708.

PERRY, D. Metodología y aplicación de los ensayos de vigor. En: Manual de métodos de ensayos de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España, sf. 56p.

POPINIGIS, F. Fisiología da semente. 1985. 2ª ed. Brasilia. 289 p.

ROMERO, 1991. Frutas silvestres de Colombia. Santa Fe de Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, 1991. Pp. 458-460.

SANDHU, A; SINGH, S; MINHAS, P Y GREWAL, G. Rhizogenesis of shoot cutting of raspberry (*Physalis peruviana* L.). Indian Journal of Horticulture. 46(3): 376-378, 1989.

THOMSON, J. Introducción a la tecnología de semillas. España: Acirbia, 1979. 301 p.

VALENCIA, M. Anatomía del fruto de la uchuva, en Acta Biológica Colombiana 1(2), 1985. Pp. 63-69.

VERHEIJ, E Y CORONEL, R. Plant resources of South-East Asia. Editorial Pudoc Wageningen, 1991. Pp 254-256

VILLAMIZAR, F; RAMÍREZ, A Y MENES, M. 1993. Estudio de caracterización física, morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuva *Physalis peruviana* L., en Agro Desarrollo 4 (1-2), págs. 305-320.

WEIER, T. Botánica. México: Limusa, 1992. 338 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza para la variable Longitud de fruto (cm), evaluada en frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	5.67	1.13	73.38**	<.0001
EDAD	5	5.67	1.13	73.38**	<.0001
ERROR	54	0.83	0.01		
TOTAL	59	6.51			

CV: 8.94 $R^2 = 0.87$

ANEXO 2. Análisis de varianza para la variable Diámetro de fruto (cm), evaluada en frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	9.28	1.85	127.11**	<.0001
EDAD	5	9.28	1.85	127.11**	<.0001
ERROR	54	0.79	0.01		
TOTAL	59	10.06			

CV: 8.43 $R^2 = 0.92$

ANEXO 3. Análisis de varianza para la variable Peso del fruto de *P. peruviana* (incluido el cáliz) (g), evaluada en frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	112.11	22.42	9.58**	<.0001
EDAD	5	112.11	22.42	9.58**	<.0001
ERROR	54	126.41	2.34		
TOTAL	59	238.52			

CV: 60.11 $R^2 = 0.47$

ANEXO 4. Análisis de varianza para la variable Peso del fruto de *P. peruviana* (g), evaluada en frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	122.19	24.43	82.72**	<.0001
EDAD	5	112.11	24.43	82.72**	<.0001
ERROR	54	15.95	0.29		
TOTAL	59	138.14			

CV: 29.36 $R^2 = 0.88$

ANEXO 5. Análisis de varianza para la variable Contenido de humedad de las semillas de *P. peruviana* (%), extraídas de frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	10745.09	2149.01	120.02**	<.0001
EDAD	5	10745.09	2149.01	120.02**	<.0001
ERROR	12	214.86	17.90		
TOTAL	17	10959.96			

CV: 6.90 $R^2 = 0.98$

ANEXO 6. Análisis de varianza para la variable poder germinativo de las semillas de *P. peruviana* (%), extraídas de frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	29542.0	5908.4	150.64**	<.0001
EDAD	5	29542.0	5908.4	150.64**	<.0001
ERROR	18	706.0	39.22		
TOTAL	23	30248.0			

CV: 14.91 $R^2 = 0.97$

ANEXO 7. Análisis de varianza para la variable emergencia de las semillas de *P. peruviana* (%), extraídas de frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	25730.8	5146.2	320.52**	<.0001
EDAD	5	25730.8	5146.2	320.62**	<.0001
ERROR	18	289.0	16.05		
TOTAL	23	26019.8			

CV: 10.56 $R^2 = 0.99$

ANEXO 8. Análisis de varianza para la vigor germinativo de las semillas de *P. peruviana*, extraídas de frutos de diferentes edades.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
MODELO	5	77.60	15.52	313.70**	<.0001
EDAD	5	77.60	15.52	313.70**	<.0001
ERROR	18	0.89	0.05		
TOTAL	23	78.50			

CV: 11.83 $R^2 = 0.99$

DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE
UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

Por

PAULA ANDREA UPEGUI ESPITIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar
al título de Ingeniero Agrónomo

PRESIDENTE DE TESIS

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR I.A., M.Sc

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PASTO-COLOMBIA

2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado son de responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del Acuerdo N° 324 del 11 de Octubre de 1966, emanada del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR
Presidente de Tesis

CARLOS MOSQUERA QUIJANO
Jurado delegado

OSCAR CHECA CORAL
Jurado

GERMAN CHAVES JURADO
Jurado

San Juan de Pasto, octubre de 2005.

DEDICO A:

MIS PADRES MARIA YOLANDA Y LUIS ANTONIO POR SU
INFINITO AMOR Y APOYO INCONDICIONAL

MIS HERMANOS GUSTAVO ADOLFO Y MARIA CONCHITA POR
BRINDARME CONFIANZA EN LOS MOMENTOS ADVERSOS Y CREER EN
MI

MI HIJO JUAN CAMILO POR SER EL MOTOR QUE CADA DIA ME
IMPULSA A SER UNA MEJOR PERSONA CAPAZ DE CUMPLIR SUS
SUEÑOS

MI ESPOSO PEDRO RENE POR CAMINAR JUNTO A MI SIN IMPORTAR
LOS OBSTÁCULOS Y POR LUCHAR INCESANTEMENTE POR HACERNOS
FELICES

MI FAMILIA POR COMPARTIR MIS TRISTEZAS Y ALEGRÍAS

PAULA ANDREA UPEGUI ESPITIA

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR, I.A., M.Sc. Presidente de Tesis. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Nariño.

CESAR ALBORNOZ BUCHELI, I.A. Granja Botana.

TULIO CESAR LAGOS BURBANO, I.A. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Nariño.

CARLOS MOSQUERA QUIJANO, I.A. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Nariño.

GERMAN CHAVES JURADO, I.A. Esp. Jefe de Laboratorios-Universidad de Nariño.

OSCAR CHECA CORAL. Ph.D. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Nariño.

AMANDA SILVA PARRA, I.A., Esp., M.Sc. Docente Hora Cátedra-Universidad de Nariño.

MIS PROFESORES

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño

Todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización y culminación del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.	
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	GENERALIDADES DEL CULTIVO	3
2.2	CARACTERES MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS DE LA PLANTA DE UCHUVA	5
2.3	DESARROLLO Y MORFOLOGIA DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA	8
2.4	MADUREZ FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA	11
2.5	GERMINACIÓN Y VIGOR	13
3.	MATERIALES Y METODOS	16
3.1	LOCALIZACIÓN	16
3.2	METODOLOGÍA	16
3.2.1.	Morfología y anatomía del fruto y de la semilla	18
3.2.2	Materia seca y contenido de humedad	18
3.2.3	Porcentaje de Germinación	19
3.2.4	Porcentaje de emergencia e índice de vigor	19
3.2.5	Diseño experimental	20
3.2.6	Análisis estadístico	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA DEL FRUTO	22
4.2	EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO	26
4.2.1	Longitud del fruto	27
4.2.2	Diámetro del fruto	30

4.2.3	Peso total del fruto	31
		Pág.
4.2.4	Peso del fruto	34
4.2.5	Contenido de humedad de las semillas	35
4.2.6	Germinación de semillas	40
4.2.7	Emergencia de semillas	43
4.2.8	Vigor de las semillas	46
4.2.9	Madurez fisiológica de las semillas de <i>P.</i> <i>peruviana</i> .	48
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores del diámetro (cm) y longitud del fruto (cm), peso del fruto con y sin cáliz (g), en diferentes épocas de evaluación (días después de la antesis=dda)	27
Tabla 2. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) de longitud del fruto (cm) en frutos de diferentes edades.	28
Tabla 3. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del diámetro de frutos (cm) de <i>P. peruviana</i> de diferentes edades.	30
Tabla 4. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del peso de frutos (incluido cáliz) (g) de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	32
Tabla 5. Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del peso de frutos frescos (g) de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	35
Tabla 6. Contenido de humedad de semillas (%), poder germinativo (%), emergencia (%) y vigor de semillas de <i>P. peruviana</i> provenientes de frutos de diferentes	

	edades.	37
Tabla 7.	Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del contenido de humedad de semillas (%) de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	38
Tabla 8.	Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del poder germinativo de semillas (%) de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	41
Tabla 9.	Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) de la emergencia de semillas (%) de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	44
Tabla 10.	Prueba de comparación de promedios (Tukey 0.05) del vigor de las semillas de <i>P. peruviana</i> , de diferentes edades.	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado de la flor muy próximo a la antesis, en que se hizo la marcación	17
Figura 2. Frutos de uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.) observados en diferentes épocas a partir de la antesis; a) con cáliz; b) sin cáliz.	23
Figura 3. Comportamiento de la longitud (cm) y diámetro (cm) de los frutos de <i>P. peruviana</i> L. a partir del momento de la antesis.	29
Figura 4. Comportamiento del peso total del fruto (incluido el cáliz) y del peso del fruto (sin cáliz) de <i>P. peruviana</i> L. a través del tiempo.	33
Figura 5. Tendencia del porcentaje de humedad de semillas de <i>P. peruviana</i> provenientes de frutos con diferentes grados de madurez.	39
Figura 6. Comportamiento de la germinación (%) de semillas de <i>P. peruviana</i> provenientes de frutos con diferente	

	grado de madurez.	42
		Pág.
Figura 7.	Emergencia de semillas de <i>P. peruviana</i> provenientes de frutos con diferentes grados de madurez.	45
Figura 8.	Indice de vigor de semillas de <i>P. peruviana</i> extraídas de frutos con diferentes grados de madurez.	48
Figura 9.	Dinámica de la madurez fisiológica de semillas de <i>P. peruviana</i> a través del tiempo de su maduración.	50

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Análisis de variancia para la variable longitud de fruto (cm), evaluada en frutos de diferentes edades.	57
Anexo 2	Análisis de variancia para la variable diámetro de fruto (cm), evaluada en frutos de diferentes edades.	58
Anexo 3	Análisis de variancia para la variable peso del fruto de <i>P. peruviana</i> (incluido el cáliz) (g), evaluada en frutos de diferentes edades.	59
Anexo 4	Análisis de variancia para la variable peso del fruto de <i>P. peruviana</i> (g), evaluada en frutos de diferentes edades.	60
Anexo 5	Análisis de variancia para la variable contenido de humedad de las semillas de <i>P. peruviana</i> (%), extraídas de frutos de diferentes edades.	61
Anexo 6	Análisis de variancia para la variable poder germinativo de las semillas de <i>P. peruviana</i> (%), extraídas de frutos de diferentes edades.	62

Anexo 7	Análisis de variancia para la variable emergencia de las semillas de <i>P. peruviana</i> (%), extraídas de frutos de diferentes edades.	63
Anexo 8	Análisis de variancia para la variable vigor germinativo de las semillas de <i>P. peruviana</i> , extraídas de frutos de diferentes edades.	64
Anexo 9	Síntesis de los modelos calculados en el presente estudio	65

DETERMINACIÓN DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE
UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

PAULA ANDREA UPEGUI ESPITIA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PASTO-COLOMBIA
2005

RESUMEN

El presente trabajo se estableció con el objeto de evaluar la madurez fisiológica de las semillas y determinar un índice de madurez de fruto, mediante la medición del efecto del tiempo transcurrido desde la antesis sobre variables de fruto y semillas. Las flores se marcaron en un cultivo de *Physalis peruviana* localizado en el Centro Experimental de Botana (Universidad de Nariño). Para el análisis de las variables se estableció un diseño irrestrictamente al azar, teniendo siempre al tiempo transcurrido desde la antesis como variable independiente. A los 75 días después de la antesis, los frutos y el cáliz comienzan a perder su color verde y a tornarse amarillos; igualmente, las semillas cambian su color blanco a crema. La longitud y el peso del fruto con cáliz alcanzaron sus valores máximos a partir de los 75 días después de la antesis, mientras que el diámetro y el peso del fruto se incrementaron estadísticamente hasta los 90 días después de la antesis. Los menores valores en cuanto al contenido de humedad de las semillas se alcanzaron a partir de los 75 días después de la antesis; la germinación y la emergencia alcanzaron los mayores valores a partir de los 75 días después de la antesis, pero el vigor de las semillas se incrementó hasta los 90 días después de la antesis. Finalmente se estableció que la madurez fisiológica del fruto y de semillas de *P. peruviana* se alcanza a partir de los 75 días después de la antesis.

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of evaluating the physiological maturity of the seeds and determining an index of fruit maturity, by means of the measurement of the effect of the time from the anthesis on variables of fruit and seeds. The flowers were marked in a culture of *P. peruviana* located in the Experimental Center of Botana (University of Nariño); for the analysis of the variables was used a completely random design, always tending to the time passed from the anthesis like independent variable. To the 75 days after the anthesis, the fruits and the calyx begin to lose their green colour and to become yellow; also, the seeds change their white colour to cream. The length and the weight of the fruit with calyx reached their maximum values as of the 75 days after the anthesis, whereas the diameter and the weight of the fruit were increased statistically until the 90 days after the anthesis. The smaller values to the humidity content of the seeds were reached as of the 75 days after the anthesis; the germination and the emergency reached values the greater values as of the 75 days after the anthesis, but the vigour of the seeds was increased until the 90 days after the anthesis. Finally, the physiological maturity of the fruit and seeds of *P. peruviana* is reached as of the 75 days after the anthesis.

GLOSARIO

ANTESIS: se considera como el momento de apertura de las anteras y dispersión del polen; en este trabajo se considera como el momento de apertura de la flor.

BAYA: fruto carnoso simple; la pared del ovario es carnosa e incluye uno o más carpelos y semillas.

CALIDAD DE SEMILLAS: conjunto de factores de tipo fisiológico, genético, físico y sanitario que determinan el comportamiento de las semillas en el campo, dando origen a plantas de la mayor productividad.

EMBRION: Parte de la semilla que da origen a la nueva planta.

EMERGENCIA: momento en el cual emerge del suelo una plántula normal. Su evaluación se da en porcentaje.

GERMINACION: Proceso mediante el cual el embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir la carga genética que lo convertirá en una planta adulta.

INDICE DE MADUREZ: cualidad del fruto o de la semilla que permite determinar si ya ha alcanzado el estado de madurez fisiológica.

MADUREZ FISIOLOGICA: tiempo en el cual la semilla alcanza su máximo peso seco unido al mayor vigor seminal.

PODER GERMINATIVO: capacidad de la semilla para germinar bajo condiciones especiales de temperatura y humedad; la emergencia de la radícula se considera como inicio de la germinación. El poder germinativo de un lote de semillas se da en porcentaje.

PLACENTACION AXIAL: tipo de placentación en el cual las placentas se encuentran localizadas en el eje del ovario.

SEMILLA: En sentido botánico estricto, es un ovulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar una nueva planta.

TESTA: envoltura externa de la semilla.