

# DIVERSIDAD CITOGENÉTICA DE *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” DE LOS ECOTIPOS DEL PERÚ

Paula García-Godos Alcázar, Sonia Palomino Felices, Keny Martínez Gómez<sup>1</sup>

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas

Unidad de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental- Línea de Investigación en Biodiversidad

E-mail: paulagga30@hotmail.com

## RESUMEN

En la actualidad el mundo busca alimentos como *Physalis peruviana* “aguaymanto” que presentan potencialidades nutraceuticas y gran producción frutícola, por lo que se hace necesario conocer su diversidad en nuestro país. En la investigación se buscó conocer la diversidad citogenética de los ecotipos del Perú del *Physalis peruviana* L “aguaymanto”, estandarizar la técnica para el conteo de cromosomas, determinar el nivel de ploidía y relacionar la dotación cromosómica en función del origen de los ecotipos. Se estudió a 48 ecotipos, 35 nativos y 13 cultivados de siete regiones del Perú, se estandarizó la técnica del squash reportando la hora mitótica óptima 11:00 horas, utilizando como inhibidor de la mitosis a la colchicina al 0.1% por 6 horas, con una temperatura ambiente (15 – 20°C) de ablandamiento y para la hidrólisis HCl 5N. Resultando que los ecotipos nativos y cultivados presentan un conteo cromosómico de  $2n=36$ ;  $2n=42$  y  $2n=48$ , siendo en porcentaje 71, 10 y 19% de ecotipos respectivamente, observando que el 81% de los ecotipos de las siete regiones presentaron un nivel de aneuploidías somáticas a partir de tejido meristemático de raíz, como producto de las diferentes condiciones ambientales como el estrés y la adaptación. Es importante el conocimiento de la ploidía y la existencia de aneuploidías en el aguaymanto ya que pueden ser utilizados para el mejoramiento genético y generar ecotipos con atributos nutraceuticos con fines comerciales.

Palabras clave: *Physalis peruviana*, poliploidía, aneuploidías, recuento de cromosomas.

## CYTOGENETIC DIVERSITY OF *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” OF THE ECOTYPES OF PERU

### ABSTRACT

Currently the world is looking for foods such as *Physalis peruviana* "aguaymanto" that have nutraceutical potential and great fruit production, so it is necessary to know their diversity in our country. The research sought to know the cytogenetic diversity of the Peruvian ecotypes of *Physalis peruviana* L "aguaymanto", standardize the technique for chromosome counting, determine the level of ploidy and relate the chromosomal endowment depending on the origin of the ecotypes. Were studied 48 ecotypes, 35 native and 13 cultivated from seven regions of Peru. The squash technique was standardized, reporting the optimal mitotic time at 11:00 hours, using 0.1% colchicine for 6 hours as a mitosis inhibitor, with a softening room temperature (15-20 ° C) and for hydrolysis 5N HCl. Resulting that the native and cultivated ecotypes present a chromosome count of  $2n = 36$ ;  $2n = 42$  and  $2n = 48$ , being in percentage 71, 10 and 19% of ecotypes respectively, observing that 81% of the ecotypes of the seven regions presented a level of somatic aneuploidies from root meristematic tissue, as a product of different environmental conditions such as stress and adaptation. Knowledge of ploidy and the existence of aneuploidies in aguaymanto is important since they can be used for genetic improvement and generate ecotypes with nutraceutical attributes for commercial purposes.

Keywords: *Physalis peruviana*, polyploidy, aneuploidy, chromosome count.

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, crece la demanda de productos naturales, por lo que actualmente, el consumo de *Physalis peruviana* L. “aguaymanto”, se ha incrementado con la perspectiva de ampliar sus exportaciones como fruta exótica, lo cual incentiva el desarrollo comercial, despertando interés por los científicos, técnicos, productores, gobernantes y medios de comunicación, reportándose que el Perú exporta cerca de 7 toneladas a países de Centro América, la Unión Europea, Estados Unidos y el Oriente Medio, sin embargo, aún faltan investigaciones para potenciar al aguaymanto como un cultivo estable y competitivo dentro de la agricultura (Corpoica, 2014). En diciembre de 2019, Perú exportó 6.2 toneladas de aguaymanto, siendo los principales destinos del aguaymanto peruano fueron Corea del Sur con 64% y Países Bajos con 32% (Agraria, 2020). Actualmente las plantaciones de aguaymanto en su mejor temporada producen cerca de 8 a 9 toneladas por hectárea, mientras que, en Colombia, la producción por hectárea alcanza las 12 toneladas (AgroAndino SRL, 2013).

En este contexto el “aguaymanto” llamado también “capulí” o “uvilla” es valorado por sus potencialidades nutraceuticas y se hace necesaria conocer la diversidad existente en nuestro país y visualiza que el aguaymanto es una especie exótica y con gran producción frutícola del país.

La diversidad genética en las plantas permite adaptarse a nuevos ambientes, por lo que si las plantas no se cruzan con individuos diversos empiezan a aparecer defectos genéticos como la esterilidad o infertilidad a nivel biológico, la variación entre poblaciones de una especie y la variación dentro de poblaciones, de ello resulta la diversidad genética total de una especie. Los individuos de una especie difieren entre sí en muchas características originadas por causas genéticas y ambientales. El conocimiento de la genética, de las diferencias es fundamental para conocer la diversidad genética, prerequisite para colectarla, conservarla, caracterizarla y utilizarla (Sevilla y Holle, 2004).

La existencia de ecotipos de aguaymanto en las diferentes regiones del Perú, los que se diferencian por hábitos de crecimiento (rastreo, semirastreo y el erecto), por sus sabores (dulce, semidulce y agridulce), la presencia de diversidad citogenética a nivel de número y estructura de los cromosomas entre los ecotipos del Perú, el cual permite conocer el nivel de ploidía para ser utilizada en procesos de mejoramiento genético, conservación y determinar que ecotipos presenta atributos nutraceuticos para finalmente comercializarlos. La investigación evaluó el nivel de ploidía de los ecotipos nativos y cultivados de *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” de siete regiones del Perú, para lo cual se realizará el conteo de cromosomas, con la finalidad de determinar la presencia de aneuploidías y la poliploidización, eventos que se dan como resultado de la evolución cromosómica y la domesticación de la especie, por lo que es favorable para la búsqueda de ecotipos mejorados con características deseables para la salud del consumidor y la comercialización (Ferreira de Melo *et al.*, 2009).

Con el desarrollo de las investigaciones genéticas, fisiológicas, bioquímicas y farmacéuticas, el aguaymanto es un cultivo prometedor, con el fin de la obtención de variedades, no solo adaptados a condiciones de buena producción sino también para generación de fruta como alimento nutraceutico, valioso en el mercado nacional e internacional, presenta gran cantidad de antioxidantes, es fuente de vitaminas (C, B1, B2, B3, B6, E, y pro vitamina A), minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio y nitrógeno), proteínas, azúcares y carbohidratos; los frutos u otras partes de la planta han sido usados con propósitos medicinales, por ejemplo, para aliviar enfermedades respiratorias, anemia, estrés, obesidad, así como en terapias contra el cáncer gracias a sus propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas (Wu *et al.*, 2009; Ramadan, 2011).

La Investigación se planteó como:

objetivo general; conocer la diversidad citogenética del *Physalis peruviana* L “aguaymanto” de los ecotipos del Perú y como objetivos específicos;

- a) Estandarizar la técnica para el conteo de cromosomas.
- b) Determinar el nivel de ploidía mediante el conteo de cromosomas de los ecotipos del Perú y c) Relacionar la dotación cromosómica en función del origen de los ecotipos del Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Recolección y establecimiento

La colección de las semillas se realizó tomando 10 frutos de cada planta de los ecotipos de aguaymanto del Perú de los especímenes vivos existentes de los viveros de la Especialidad de Biotecnología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, de la ciudad de Ayacucho, departamento de Ayacucho.

### 2. Determinación del nivel de ploidía

#### 2.1. Obtención de meristemos apicales de raíz

Se realizó mediante la germinación *in vitro* en placas de Petri, consistió en colocar las semillas humedecidas en papel filtro, que fueron incubadas a 25°C en condiciones de oscuridad, previa hidratación durante 24 horas a 37°C.

#### 2.2 Determinación de hora de corte

Después del desarrollo de las raíces hasta alcanzar una longitud de 1.5 cm, se realizó cortes de ápices de la raíz a las 11:00 am y luego fue hipotonizado en agua por 15 minutos, fijado en solución de 3:1 de etanol: ácido acético glacial, durante 24 horas a 4 °C. Después se coloreó con orceína acética al 2% durante 24 horas.

Posteriormente se realizó el cálculo del índice mitótico (IM) y el índice metafísico (IMF) (Poggio *et al.*, 2008), con lo cual se determinó la hora de corte adecuada.

Se realizaron los cortes de las raíces a diferentes horas para determinar la hora de corte que presente mayor cantidad de células meióticas.

$$IM = \frac{N^{\circ} \text{ de células en división}}{N^{\circ} \text{ Total de células observadas}} \times 100$$

$$IMF = \frac{N^{\circ} \text{ de células en metafase}}{N^{\circ} \text{ total de células en mitosis}} \times 100$$

### 2.3 Prefijación o pretratamiento

Se sumergieron las raicillas en colchicina al 0,1% (agente inhibidor de mitosis) durante 6 horas a temperatura ambiente (entre 15 y 20 °C), luego se retiraron las raicillas y se enjuagó tres veces con agua destilada.

### 2.4. Fijación de los cromosomas

Se utilizó la solución de Farmer v/v (3:1 etanol absoluto y ácido acético glacial) a 4°C en oscuridad por 24 horas, luego fueron enjuagadas 3 veces con agua destilada.

### 2.5 Ablandamiento

Se sumergió el tejido en solución Targa v/v (9:5:6 ácido acético glacial, ácido láctico, agua destilada) a temperatura ambiente por 10 minutos y finalmente se lavó 3 veces con agua destilada.

### 2.6 Hidrólisis o maceración

Se utilizó HCl 5N a 60°C por 13 minutos y finalmente se lavó 3 veces con agua destilada.

### 2.7. Tinción

Se coloreó los cromosomas con orceína acética al 2%, por 24 horas en oscuridad a 4°C.

### 2.8. Aplastado o squash

Se realizó entre el portaobjetos y cubreobjetos, con la ayuda de un lápiz con goma en la base para y hacer visibles las células que se encuentran en el ápice de raíz, obteniendo la muestra en un solo plano.

### 2.9. Observación

Se observó en un microscopio óptico a 400X con el fin de seleccionar las mejores células y finalmente a 1000X para realizar el recuento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para conocer la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* “aguaymanto” se muestreó 48 ecotipos de siete regiones del Perú, de las cuales 35 fueron ecotipos nativos y 13 ecotipos cultivados (Tabla N°1).

**Tabla 1:** Ecotipos muestreados de *Physalis peruviana* “aguaymanto” del Perú.

Procedencia	Nativas	Cultivadas	Total
Ayacucho	14	3	17
Ancash	4	3	7
Cajamarca	3	2	5
Apurímac	6	0	6
Huánuco	4	5	9
Cuzco	3	0	3
Junín	1	0	1
Total	35	13	48

**1. Obtención de meristemos apicales de raíz,** para ello se desarrolló la germinación *in vitro* del aguaymanto en placas Petri, con 10 repeticiones para mayor confiabilidad, las cuales se realizaron sumergiendo en agua destilada a temperatura ambiente (15 a 20°C) y a 25°C (controlada), con la finalidad de romper la latencia resultando de ello que a 25°C se obtuvo mayor porcentaje de germinación (64%) y un crecimiento de las raicillas de 3,5 cm a los 15 días, en comparación a las germinadas a temperatura ambiente con un porcentaje de

germinación de (62%) y un crecimiento de 2.0 cm a los 25 días, en base a estos resultados se realizó la germinación de los 48 ecotipos a 25°C. Resultados que difieren con lo reportado por Carbajal (2018), quien reporta un porcentaje de germinación más del 90%, esto se debe a que se trabajó con semillas de ecotipos cultivados a diferencia de esta investigación que probó con dos ecotipos nativos, por lo que el tiempo de latencia es más prolongado, de igual forma la velocidad de germinación. Es importante señalar que el porcentaje de germinación es una variable que depende de factores extrínsecos como madurez del fruto madre, luz, temperatura y/o humedad, señalando que la madurez del fruto es una variable que influye directamente en la madurez de la semilla y por ende de ello depende de la probabilidad de germinación, esto coincide con lo reportado por Criollo e Ibarra (1992).

**2. Determinación de la hora mitótica óptima**, se realizó la evaluación en dos ecotipos nativos (N° 38 y 39) entre las 8 y 11 am horas, ello es importante para la obtención de un gran número de células en metafase, debido a que el ciclo celular en las células poco o no diferenciadas es más definido como es el caso de los tejidos meristemáticos. En la Tabla 2, se aprecia la evaluación a diferentes horas de corte, observando que a las 11 am para los ecotipos nativos 38 y 39 presenta mayor porcentaje del índice metafísico de 41 y 38% respectivamente, con un promedio de 39,50%, valores que coinciden con lo reportado con Ferrer-Pereira *et al.* (2007), indicando que la hora óptima de corte es de 11am a 12m, también Sánchez (2014) señaló los cortes en el rango de 1 y 2 pm, Liberato *et al.* (2012) a las 12 del mediodía, Rodríguez y Bueno (2006), reportaron la hora de corte óptima entre las 9 y 9:30am; Sin embargo estos valores difieren con los mencionados con Carbajal (2018), que señala que la hora mitótica es de 7 am, resaltando que se estudió con ecotipos cultivados, es decir comerciales, los cuales son más evolucionados y domesticados. Es muy importante señalar que existen factores ambientales determinantes como la intensidad lumínica durante el día, evento que facilita la activación del metabolismo de las plantas como mayor captación de carbohidratos en relación a procesos químicos que generan ATP necesarios para el gasto energético que la planta necesita para llevar a cabo la división celular (Valencia y Rodríguez, 2012).

**Tabla 2.** Índice metafísico a diferentes horas de corte de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Hora	Ecotipo 38		Ecotipo 39		Promedio IMF (%)
	Células Metafásicas	IMF (%)	Células Metafásicas	IMF (%)	
8:00 am	8	21	6	18	19.50
9:00 am	10	25	8	23	24.00
10:00 am	13	30	10	28	29.00
11:00 am	17	41	15	38	39.50

Se realizó 10 repeticiones

Para la estandarización del protocolo se basó en las investigaciones de Rodríguez y Bueno (2006), Sánchez (2014) y Poggio (2008), quienes trabajaron en aguaymanto y leguminosas, logrando estandarizar la técnica con algunas variaciones.

**3. Determinación del reactivo inhibidor de mitosis**, para lo cual se probó dos inhibidores como la 8-hidroxiquinona y la colchicina, con la finalidad de encontrar mejor eficacia en la detención del proceso de mitosis celular. En la Tabla 3 se visualiza que con el 0.1% de colchicina a las 6 horas se observan mayor número de células con cromosomas separados, siendo en promedio 11.5 en los dos ecotipos nativos, de ello se concluye que la colchicina en las células presenta mejor penetración en un tiempo menor de exposición, en comparación con la 8-hidroxiquinoleína, la cual cumple doble función de inhibir el uso mitótico y de mayor condensación de los cromosomas, y también presenta menor toxicidad durante la manipulación.

**Tabla 3.** Células con cromosomas separados en función del inhibidor de mitosis de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Horas	Células con cromosomas separados					
	8-Hidroxiquinoleína 0.0001 M			Colchicina 0.1%		
	Ecotipo 38	Ecotipo 39	Promedio	Ecotipo 38	Ecotipo 39	Promedio
2 horas	0	0	0.00	3	4	3.50
4 horas	2	1	1.50	8	9	8.50
6 horas	4	3	3.50	11	12	11.50

Se realizó 10 repeticiones

**4. Estandarización de la temperatura de ablandamiento en *Physalis peruviana* “aguaymanto”**, se estandarizó la temperatura de ablandamiento con la finalidad de observar la mayor cantidad de células con cromosomas separados, reportando que a temperatura ambiente, la cual osciló entre 15 y 20 °C se observaron 32 y 36 células

para los ecotipos 38 y 39 respectivamente (Tabla 4), en contraste a lo reportado a temperatura de 4°C siendo la observación de 12 y 9 células, por lo que se trabajó con temperatura ambiente.

**Tabla 4.** Células con cromosomas separados en función de la temperatura de ablandamiento de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Temperatura	Células con cromosomas separados	
	Ecotipo 38	Ecotipo 39
4°C	12	9
Ambiente (15 – 20°C)	32	36

Se realizó 10 repeticiones

5. **Estandarización de la hidrólisis para la extensión de células meristemáticas de *Physalis peruviana* “aguaymanto”**, se estandarizó la concentración del ácido clorhídrico probando a 1N, 3N y 5N y a dos tiempos 5 y 10 minutos, con la finalidad de obtener una mejor extensión para realizar el squash y por ende permitir mejor observación de células con cromosomas separados, en la Tabla 5, se observa que a una concentración de 5N de HCL y a 10 minutos, se visualizó 14 y 17 células con cromosomas separados para ambos ecotipos, siendo menor a los 5 minutos.

**Tabla 5.** Células con cromosomas separados en función de la hidrólisis para la extensión de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Ácido Clorhídrico	Células con cromosomas separados			
	5 minutos		10 minutos	
	Ecotipo 38	Ecotipo 39	Ecotipo 38	Ecotipo 39
1 N	0	0	4	3
3 N	3	4	10	12
5 N	8	7	14	17

Se realizó 10 repeticiones

#### **Determinación del número de cromosomas de diferentes ecotipos de *Physalis peruviana* “aguaymanto”**

Para el recuento de cromosomas se realizó a 48 ecotipos de los cuales 35 fueron ecotipos nativos y 13 ecotipos cultivados de 7 regiones del Perú (Tabla N° 6), observando que de los 48 ecotipos estudiados, 34 ecotipos presentan un recuento de 36, 5 ecotipos 42 y 9 ecotipos presentan 48 cromosomas (Tabla 7), por lo que se deduce que el 71% de ecotipos presenta 36 cromosomas, seguido del 19 % que reporta 48 cromosomas y el 10% presenta 42 cromosomas. Algunos de estos valores coinciden con reportes realizados en investigaciones anteriores, donde se presentan variaciones y entendiendo que el número básico de los cromosomas es  $X=12$ , y a partir de ello surge la especiación y por ende la poliploidización, generando mayor número de cromosomas, como el de  $2n = 4x = 48$ , siendo éste un tetraploide.

Las investigaciones más recientes como Rodríguez y Bueno (2006), reportó para ecotipos silvestres  $2n=24$  y para ecotipos cultivados  $2n=32$  y  $2n=4x=48$ ; Liberato *et al* (2014) para ecotipos cultivados  $2n=24$  y  $2n=48$  y finalmente Sánchez (2012) determinó para ecotipos cultivados  $2n=4X=48$  y  $2n=44$ , en el caso de la investigación donde se reportó  $2n=36$ ,  $2n=42$  y  $2n= 48$ , esto se explica porque posiblemente surgieron rearrreglos cromosómicos como aneuploidías, diploidías e inversiones generando variaciones (Fig. N° 4 y 5).

La importancia de la presencia de aneuploidías y la poliploidización generalmente en angiospermas, es que se dan como eventos para la evolución cromosómica, por lo que es favorable para la búsqueda de ecotipos mejorados (Ferreira de Melo *et al.*, 2009).

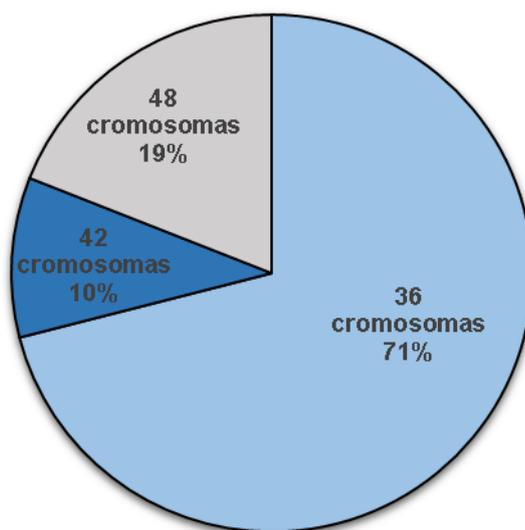
n la investigación se reportó  $2n=42$ , es decir este no presenta multiplicidad con el número estable de  $2n=48$ , existen reportes como los de Lagos (2006), manifestando que encontró dotaciones cromosómicas de 54, 52, 48, 36,32 y 24 cromosomas, ello se debe a la presencia de aneuploidías, es decir a la ganancia o pérdida de uno o más cromosomas, este evento suele darse con mayor continuidad en plantas poliploides cultivadas y en tejidos no diferenciados (De Storme y Mason 2014). Señala Li (2017), que el cambio en la dotación cromosómica en células provenientes de raíces, también se deben a las condiciones ambientales (temperatura, altitud, humedad, tipo de suelo, etc) y tratamientos químicos, para el caso de la investigación la presencia de aneuploidías también se dan por que las siete regiones presentan diferentes condiciones ambientales y como producto de la adaptación y al estrés los ecotipos presentan diferentes números de cromosomas.

**Tabla 6.** Conteo del número de cromosomas de diferentes ecotipos de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

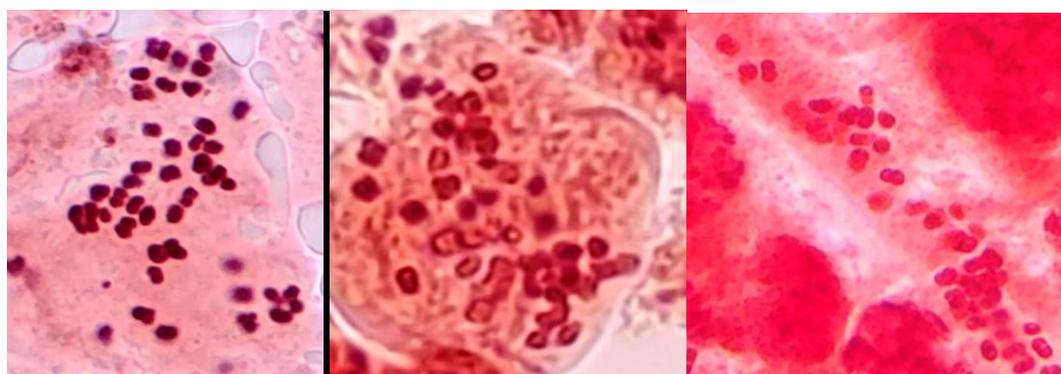
N° Ecotipo	Número cromosomas	Procedencia	N° Ecotipo	Número cromosomas	Procedencia
1	36	Ayacucho (C)	36	36	Cajamarca (C)
2	36	Ayacucho (C)	37	36	Cajamarca (C)
4	36	Ayacucho (N)	38	48	Cajamarca (N)
5	36	Ayacucho (N)	39	48	Cajamarca (N)
9	42	Ayacucho (N)	40	36	Cajamarca (N)
10	36	Ayacucho (N)	41	36	Apurímac (N)
11	36	Ayacucho (C)	42	36	Apurímac (N)
12	36	Ayacucho (N)	44	36	Apurímac (N)
17	36	Ayacucho (N)	45	36	Apurímac (N)
18	36	Ayacucho (N)	46	36	Apurímac (N)
21	48	Ayacucho (N)	48	42	Apurímac (N)
22	36	Ayacucho (N)	49	36	Huánuco (C)
23	48	Ayacucho (N)	50	36	Huánuco (C)
24	36	Ayacucho (N)	51	36	Huánuco (C)
25	36	Ayacucho (N)	52	42	Huánuco (C)
27	36	Ayacucho (N)	53	36	Huánuco (N)
28	36	Ayacucho (N)	54	36	Huánuco (N)
29	36	Ancash (C)	55	36	Huánuco (N)
30	36	Ancash (C)	56	36	Huánuco (N)
31	48	Ancash (C)	57	42	Huánuco (C)
32	36	Ancash (N)	58	48	Cuzco (N)
33	36	Ancash (N)	59	48	Cuzco (N)
34	48	Ancash (N)	60	48	Cuzco (N)
35	42	Ancash (N)	61	36	Junín (N)

**Tabla 7.** Número de cromosomas de diferentes ecotipos nativos y cultivados de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Procedencia	Número de cromosomas			
	36	42	48	Total
Ayacucho	14	1	2	17
Ancash	4	1	2	7
Cajamarca	3	0	2	5
Apurímac	5	1	0	6
Huánuco	7	2	0	9
Cuzco	0	0	3	3
Junín	1	0	0	1
Total	34	5	9	48
Porcentaje	71	10	19	100.0



**Figura 2.** Porcentaje del número de cromosomas de diferentes ecotipos nativos y cultivados de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

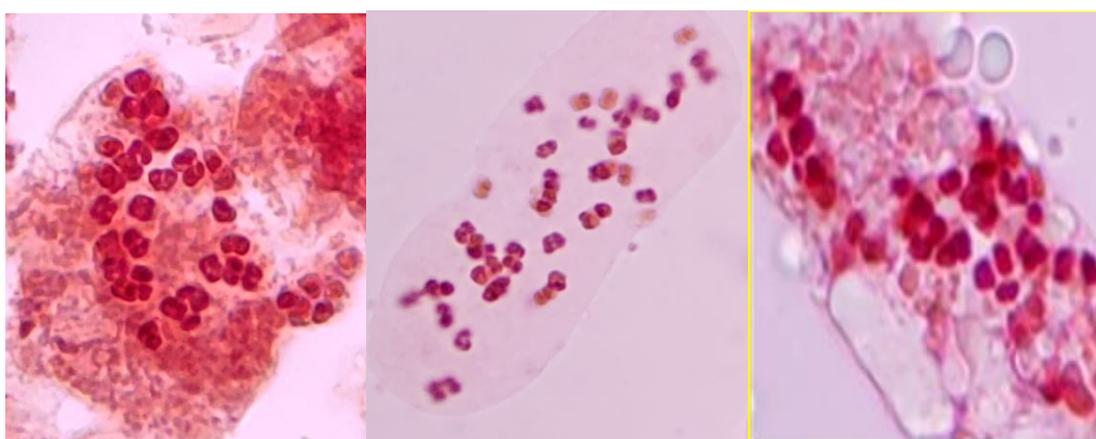


**Ecotipo 39 (48cr)**

**Ecotipo 9 (42cr)**

**Ecotipo 5 (36cr)**

**Figura 4.** Ecotipos peruanos nativos de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.



**Ecotipo 31 (48cr)**

**Ecotipo 52 (42cr)**

**Ecotipo 36 (36cr)**

**Figura 5.** Ecotipos peruanos nativos de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Con respecto al estudio comparativo de los ecotipos nativos y cultivados, se aprecia que en las Tablas 8 y 9, que en ambos tipos de ecotipos el mayor porcentaje es de un recuento de 36 cromosomas (68,5 y 77 respectivamente), seguido por los ecotipos nativos que presentan 48 cromosomas (23%) y los ecotipos cultivados de 42 cromosomas (15%) y los que presentan en menor porcentaje son los ecotipos cultivados con 48 cromosomas (8%), seguido de los ecotipos nativos con 42 cromosomas (9,5%).

Es necesario señalar que el aguaymanto presenta peculiaridades, que podrían atribuirse a la presencia de aneuploidías: (1) *Physalis peruviana*, es una especie con reproducción mixta, es decir que se comporta como alógama y autógena en menor proporción, lo que se dan eventos de cruzamientos naturales dando lugar a la formación de dotaciones cromosómicas variables entre especies y ecotipos (Liberato *et al.*, 2014). (2) Existe la asociación somática entre los cromosomas en la profase y metafase generando una desigual en la segregación de los cromosomas en la anafase (Nair y Ravindran,1994).

**Tabla 8.** Conteo del número de cromosomas de diferentes ecotipos nativos de *Physalis peruviana* “aguaymanto”

Procedencia	Número de cromosomas			Total
	36	42	48	
Ayacucho	11	1	2	14
Ancash	2	1	1	4
Cajamarca	1	0	2	3
Apurímac	5	1	0	6
Huánuco	4	0	0	4
Cuzco	0	0	3	3
Junín	1	0	0	1
Total	24	3	8	35
Porcentaje	68,5	9,5	23,0	100

**Tabla 9.** Conteo del número de cromosomas de diferentes ecotipos cultivados de *Physalis peruviana* “aguaymanto”.

Procedencia	Número de cromosomas			Total
	36	42	48	
Ayacucho	3	0	0	3
Ancash	2	0	1	3
Cajamarca	2	0	0	2
Huánuco	3	2	0	5
Total	10	2	1	13
Porcentaje	77	15	8	100

En la investigación (1) se estandarizó la técnica para el conteo de cromosomas, siendo la hora mitótica óptima 11:00 horas, se utilizó como inhibidor de la mitosis a la colchicina al 0.1% por 6 horas, con una temperatura ambiente (15 – 20°C) de ablandamiento y para la hidrólisis HCL 5N. (2) Los ecotipos nativos y cultivados presentan un conteo cromosómico de  $2n=36$ ;  $2n=42$  y  $2n=48$ , siendo en porcentaje 71, 10 y 19% de ecotipos respectivamente, presentando un nivel de aneuploidías somáticas a partir de tejido meristemático de raíz. (3) Se presenta aneuploidías para el 81% de ecotipos de las siete regiones como producto de las diferentes condiciones ambientales como el estrés y la adaptación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AgroAndino SRL. (2013). <https://www.linkedin.com/in/reinhard-schedlbauer-5a0869a9/?originalSubdomain=pe>

Agencia Agraria de Noticias. 13 Febrero del 2020. <https://agraria.pe/noticias/en-diciembre-de-2019-exportacion-de-aguaymanto-salto-a-6-2-t-20848>

Carbajal Y. (2018). Caracterización citogenética de tres ecotipos de *Physalis peruviana* “Aguaymanto” provenientes del departamento de Cajamarca: Diversidad y evolución. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Corpoica. Corporación Colombia Internacional. Sistema de inteligencia de mercados - SIM, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2004). Disponible en URL: <http://www.cci.org.co/publicaciones>.
- De Storme, Nico & A. Mason. (2014). "Plant speciation through chromosome instability and ploidy change: cellular mechanisms, molecular factors and evolutionary relevance." *Current Plant Biology* 1 (August): 10–33.
- Ferrer-Pereira H., Alcorces de Guerra N., Mendez-Natera J. (2007). "Determinación celular del ciclo mitótico de dos cultivares de *Gossypium hirsutum* L. y dos ecotipos de *Gossypium barbadense* L." *Acta Biol. Par.* 36 (3–4):121–49.
- Ferreira de Melo C. (2009). "Estudo citogenético e molecular em nove espécies do gênero *Solanum* L. (Solanaceae A. Juss)." Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Lagos T. (2006). Comportamiento citogenético de *Physalis peruviana*. En: Biología reproductiva, citogenética, diversidad genética y heterosis en parentales de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia.
- Li, X. Q. (2017). *Somatic Genome Variation in Animals, Plants, and Microorganisms*. Wiley-Blackwell , New Jersey, USA.
- Liberato S. (2012). Estudio de la diversidad citogenética de una colección de germoplasma de *Physalis peruviana* L. y taxa relacionados. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja – Boyacá.
- Nair R., Ravindran P. (1994). "Somatic association of chromosomes and other mitotic abnormalities in *Vanilla Planifolia* (Andrews)." *Caryologia* 47 (1): 65–73.
- Poggio, L., Espert S., Fortunato R. (2008). "Citogenética evolutiva en leguminosas americanas." *Rodriguésia* 59(3): 423-433.
- Ramadan M. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International* 44 1830–1836.
- Rodríguez N., Bueno M. (2006). Estudio de la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). *Acta Biológica Colombiana* 11(2):33-43.
- Sánchez P. (2014). Nivel de ploidía de plantas de uchuva provenientes de cultivo de anteras. Tesis para optar el título de Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.
- Sevilla R., Holle M. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Ed. Torre Azul. Lima, Perú.
- Valencia R., Rodríguez N. (2012). Estimación de la duración del ciclo celular y estandarización del protocolo citogenético en *Guadua Angustifolia* Kunth Var. *Angustifolia* (*Bambusoideae*, *Poaceae*). *Revista. Investigación Universidad Quindío* 23 (2):81–91.
- Wu SJ., Chang SP., Lin DL., Wang SS., Hou FF., Ng LT. (2009). Supercritical carbón dioxide extract of *Physalis peruviana* induced cell cycle arrest and apoptosis in human lung cancer H661 cells. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 47(6): 1132-1138