

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**CARACTERIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DEL AJÍ SUPANO
(*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE,
LIMA**

Presentada por:

JUANA CONSUELO ALIAGA CAMARENA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.)
EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**CARACTERIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DEL AJÍ SUPANO
(*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE,
LIMA**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE

***Doctoris Philosophiae* (Ph.D.)**

EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

Presentada por:

JUANA CONSUELO ALIAGA CAMARENA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Raúl Blas Sevillano
PRESIDENTE

Dr. Alexander Rodríguez Berrio
ASESOR

Ph.D. Manuel Canto Sáenz
MIEMBRO

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Ph.D. Sergio Eduardo Contreras Liza
MIEMBRO EXTERNO

A Kleberth, mi esposo y amigo, por su amor, consejos, comprensión y acompañamiento en el quehacer familiar y profesional.

A mis padres y hermanos, gracias a Dios me acompañan y referentes de superación.

A La Oroya, mi ciudad natal, minera, a ella mi formación, mi espíritu de superación y considero que la minería y la agricultura en un mañana pueden ser sostenibles.

AGRADECIMIENTO

Al Doctor Alexander Rodríguez Berrio, maestro, guía y patrocinador de la presente tesis que permitió la elaboración y sustentación.

A los Doctores Jorge Jiménez Dávalos, Raúl Blas Sevillano, Manuel Canto Sáenz y Sergio Contreras Liza, miembros del Comité Consejero, por su exigencia y recomendaciones en el trabajo de investigación.

Mi gratitud al Doctor Manuel Canto Sáenz, por sugerirme cursar el Programa Doctoral de Agricultura Sustentable, el cual transformó mi visión de la entomología hacia un sistema holístico y sostenible.

A la Universidad Nacional de Barranca, que financió el estudio a través del proyecto “Caracterización y sostenibilidad del cultivo de *Capsicum chinense* Jacq. “Ají Supano” en la Cuenca baja del río Supe, Barranca” fuente de financiamiento de Donaciones y Transferencias, Resolución N° 206-2015-CO-UNAB.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	3
2.1.1	Taxonomía de <i>Capsicum chinense</i> Jacq.	3
2.1.2	Origen de <i>Capsicum chinense</i> Jacq	4
2.1.3	Características más relevantes de la especie <i>Capsicum chinense</i> Jacq	5
2.1.4	<i>Capsicum chinense</i> Jacq. en el Perú	5
2.2	IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FILOGENÉTICOS DE <i>Capsicum</i> sp.	6
2.2.1	Mantenimiento de la diversidad en <i>Capsicum</i> sp.	8
2.2.2	Conservación <i>in situ</i> en <i>Capsicum</i> sp.	8
2.2.3	Caracterización morfológica de <i>Capsicum chinense</i> Jacq.	9
2.2.4	Caracterización molecular en <i>Capsicum</i> sp.	11
2.2.5	Nivel de ploidía en <i>Capsicum</i> sp.	12
2.3	LA AGRICULTURA SOSTENIBLE	13
2.3.1.	La sostenibilidad de la agricultura y la biodiversidad	14
2.3.2.	Medición de la sostenibilidad en la agricultura	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1	PRESENCIA DE <i>Capsicum Chinense</i> Jacq. “AJÍ SUPANO” EN LA CUENCA BAJA DEL RIO SUPE, BARRANCA	16
3.2	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, MOLECULAR Y NIVEL DE PLOIDIA	17
3.2.1.	Instalación del área de evaluación	18
3.2.2.	Recolección de datos	19
3.2.3.	Análisis de datos	19
3.2.4.	Lugar de ejecución del análisis molecular y nivel de ploidía	19
3.2.5.	Fecha de ejecución	19
3.2.6.	Material genético utilizado	19

3.2.7.	Metodología empleada para el análisis molecular	21
3.2.8.	Recopilación y registro de datos	26
3.2.9.	Metodología empleada para determinar el nivel de ploidía	26
3.2.10.	Registro de datos	27
3.3	SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE <i>Capsicum chinense</i> Jacq. EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE	27
3.3.1	Diseño de la investigación	28
3.3.2	Población y muestra	28
3.3.3	Generación de la información	28
3.3.4	Medición de la sostenibilidad del cultivo de “ají Supano”	31
3.3.5	Análisis y presentación de resultados	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1	PRESENCIA DE <i>Capsicum Chinense</i> Jacq. “AJÍ SUPANO” EN LA CUENCA BAJA DEL RIO SUPE, BARRANCA	32
4.2	CHARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, MOLECULAR Y NIVEL DE PLOIDIA DEL “AJI SUPANO”	35
4.2.1	A nivel de plántula	35
4.2.2	A nivel de planta	38
4.2.3	A nivel de hoja	41
4.2.4	A nivel de la flor (antesis apertura de la flor)	45
4.2.5	A nivel de fruto	51
4.2.6	A nivel de la semilla	60
4.2.7	De la caracterización morfológica de los ecotipos evaluados del “ají Supano”	60
4.2.8	De la caracterización molecular del “Ají Supano”	61
4.2.9	Del nivel de ploidia del “Ají Supano”	64
4.3	SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE “AJI SUPANO” C. <i>chinense</i> Jacq, EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE	65
4.3.1.	Sostenibilidad económica	65
4.3.2.	Sostenibilidad socio económica	70
4.3.3.	Sostenibilidad ambiental	71

4.3.4. Sostenibilidad general del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe	74
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
VIII. ANEXOS	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Los <i>Capsicum chinense</i> Jacq. en el Perú	6
Cuadro 2.	Datos meteorológicos de la Provincia de Barranca a través de la estación meteorológica de Paramonga.	17
Cuadro 3.	Análisis de caracterización del suelo del área de evaluación morfológica del “ají Supano”.	18
Cuadro 4.	Datos de las parcelas de los agricultores donde se colectaron las semillas del “ají Supano”.	18
Cuadro 5.	Descriptorios que se consideraron para la caracterización morfológica	20
Cuadro 6.	Pureza del ADN en los 30 individuos evaluados a través del biofotómetro	23
Cuadro 7.	Dilución de la muestra para la aplicación de la PCR	24
Cuadro 8.	Empleo de Iniciadores o Primers seleccionados para la evaluación de los 30 individuos de “ají Supano	25
Cuadro 9.	Composición del Mix de reacción para el PCR	25
Cuadro 10.	Tabulación de los componentes de la sostenibilidad del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe	29
Cuadro 11.	Fórmulas matemáticas que se utilizaron para determinar la sostenibilidad por dimensiones de análisis del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe.	30
Cuadro 12.	Ubicación geográfica y áreas de siembra de los agricultores que conservan el “ají Supano”. Campañas 2015 – 2016/2016-2017	32
Cuadro 13.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de plántula del “Ají Supano”	37
Cuadro 14.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de planta del “Ají Supano”	39
Cuadro 15.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de planta del “Ají Supano”	42
Cuadro 16.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de la hoja del “ají Supano”	43
Cuadro 17.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de la flor del “ají Supano”	47

Cuadro 18.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de fruto del “ají Supano”	55
Cuadro 19.	Resultados de la caracterización morfológica a nivel de semilla del “ají Supano”	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del área de estudio	16
Figura 2.	Distribución geográfica según Google Earth de las áreas cultivadas con “ají Supano” 2015 – 2016.	33
Figura 3.	Distribución geográfica según Google Earth de las áreas cultivadas con “ají Supano” 2016 – 2017	33
Figura 4.	Características cualitativas a nivel de plántula del “ají Supano”	36
Figura 5.	Características cualitativas del tallo del “ají Supano”	38
Figura 6.	Características cualitativas a nivel de planta del “ají Supano”	41
Figura 7.	Características cualitativas de la hoja del “ají Supano”	44
Figura 8.	Características cualitativas de la flor del “ají Supano”	45
Figura 9.	Características cualitativas de la flor del “ají Supano”	46
Figura 10.	Características cualitativas de la flor del “ají Supano”	49
Figura 11.	Excerción del estigma en la flor del “ají Supano”	50
Figura 12.	Característica relevante del “ají Supano”, para identificarlo como <i>C. chinense</i>	51
Figura 13.	Característica del “ají Supano”, en fruto inmaduro	51
Figura 14.	Color del fruto antes de la madurez del “ají Supano”	52
Figura 15.	Fruto maduro del “ají Supano”	53
Figura 16.	Espesor del fruto maduro del “ají Supano”	54
Figura 17.	Corridas electroforéticas que muestran los grados monomórficos evaluados en 30 individuos provenientes de cuatro ecotipos de <i>Capsicum chinense</i> Jacq., “ají supano” de la cuenca baja del río Supe	63
Figura 18.	Metafases mitóticas del “ají Supano” (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) 2n=24 del ají 2, ají 5, ají 8 y ají 11	64
Figura 19.	Idiograma de <i>Capsicum chinense</i> Jacq., 2n=24 (Alcorcés 2001)	65
Figura 20.	Representación de la sostenibilidad económica del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, donde sobresalen los subindicadores del ingreso por otras actividades y la comercialización y la rentabilidad del cultivo	69

- Figura 21.** Representación de la Sostenibilidad socio cultural de los agricultores que cultivan el “ají Supano” en la cuenca baja del rio Supe, donde manifiesta los subindicadores sostenibles 72
- Figura 22.** Representación de la sostenibilidad ambiental de los cultivos de “ají Supano” en la cuenca baja del rio Supe, donde sobresalen los subindicadores de rotación y diversificación de los cultivos, el uso de semillas propias, el uso de materia orgánica y la conservación del suelo 75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Delimitación del área de estudio para la búsqueda de las parcelas de pequeños agricultores donde se siembra el “ají Supano”.	92
Anexo 2.	Ubicación cartográfica de las parcelas de siembras del “ají Supano” en la campaña interactuada	93
Anexo 3.	Historial de la presencia del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, según relato de los agricultores	94
Anexo 4.	El “ají Supano”, material genético presente en la cuenca baja del río Supe, con sus características propias de los colores de fruto: crema-morado, amarillo, anaranjado y rojo. Su consumo preferido es cuando el fruto crema-morado.	95
Anexo 5.	Momento de cosecha del “ají Supano” para su consumo en fresco	95
Anexo 6.	Semillas maduras en planta de los cuatro ecotipos para realizar los trabajos de caracterización morfológica, molecular y citogenética.	96
Anexo 7.	Instalación del material vegetal en casa malla para la caracterización molecular	96
Anexo 8.	Agricultores que siembran y resguardan el material genético “ <i>in situ</i> ” en la cuenca baja del río Supe	97
Anexo 9.	Plagas y enfermedades del “ají Supano”	98
Anexo 10.	Conducción del ají Supano por los agricultores, almácigos	99
Anexo 11.	Implementación de otras medidas de control para el control de <i>Prodiplosis longifila</i> Gagné	99
Anexo 12.	Trabajos en campo y laboratorio para la caracterización morfológica	100
Anexo 13.	Estados fenológicos del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe	101
Anexo 14.	Manejo agronómico del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe	102

Anexo 15.	Participación de agricultores y técnicos para convalidar la encuesta y subindicadores de la sostenibilidad del estudio	103
Anexo 16.	Alternativa para darle la sostenibilidad del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, darle valor agregado.	103
Anexo 17.	Registro fotográfico del estudio citológico de 30 muestras de meristemas radiculares para determinar el nivel de ploidía del “ají Supano”	104

RESUMEN

En la provincia de Barranca a 200 km al norte de Lima, existe un ají denominado “ají Supano”, representativo en la culinaria local y regional, con potencial de uso en la gastronomía e industria. Esta investigación generó conocimiento del “ají Supano” a través de tres objetivos: 1. Determinar su presencia en el ámbito de la cuenca baja del río Supe; 2. Caracterizar morfológicamente, molecularmente y el nivel de ploidía; 3. Determinar su sostenibilidad en la cuenca baja del río Supe. Se reportó su presencia en los sectores de la Campiña, Campiña Río Seco y Supe Pueblo, ubicados entre las coordenadas geográficas latitud (S 10° 47' 34.67"- S 10° 48' 42.75") y longitud (O 77° 41' 25.42" -O 77° 42' 48.30"), con siembras en pequeñas parcelas, cultivados por ocho agricultores, siendo cuatro de ellos que conservan el material genético *in situ*. La caracterización morfológica no mostro variabilidad en los descriptores cualitativos y cuantitativos en los cuatro ecotipos evaluados; tipificándole como un *Capsicum chinense* Jacq., por su: hábito de crecimiento intermedio (compacto), color de la corola amarillo verdoso, posición de la flor intermedia, exserción del estigma al mismo nivel, constricción del cáliz presente, dos flores por axila, de fruto triangular, con epidermis lisa y color rojo en estado maduro. El análisis molecular determinó solo bandas monomórficas en los primeros seleccionados con un valor mínimo de 11 (UCB 810) y máximo de 14 (USB 841), corroborando la homogeneidad genética de los ecotipos y reafirmando las características morfológicas determinadas. El nivel de ploidía de los cromosomas en las metafases somáticas evidenciaron $n=12$, de naturaleza diploide ($2n=24$), número cromosómico presente en especies cultivadas de *Capsicums*. Los ocho indicadores y 25 subindicadores evaluados para la sostenibilidad de este cultivo determinaron un valor de (IGen=2.30), siendo no sostenible según la metodología empleada.

Palabras claves: *Capsicum* sp., conservación “*in situ*”, nivel de ploidía, indicadores de sostenibilidad.

SUMMARY

In the province of Barranca 200 km north of Lima, there is a chili pepper called "ají Supano", representative of the local and regional culinary, with potential for use in gastronomy and industry. This research generated knowledge of the "ají Supano" through three objectives: 1. Determine its presence in the area of the lower basin of the Supe river; 2. Characterize morphologically, molecularly and the level of ploidy; 3. Determine its sustainability in the lower basin of the Supe river. Its presence was reported in the sectors of the Campiña, Campiña Río Seco and Supe Pueblo, located between the geographical coordinates latitude (S 10 ° 47 '34.67' ' - S 10 ° 48' 42.75 ") and longitude (O 77 ° 41 '25.42' '-O 77 ° 42' 48.30 "), with plantings in small plots, cultivated by eight farmers, four of them conserving the genetic material *in situ*. The morphological characterization showed no variability in the qualitative and quantitative descriptors in the four ecotypes evaluated; typifying it as a *Capsicum chinense* Jacq., for its: habit of intermediate growth (compact), color of the greenish yellow corolla, position of the intermediate flower, exsersion of the stigma at the same level, constriction of the present calyx, two flowers per axilla, triangular fruit, with smooth epidermis and red color in mature state. The molecular analysis determined only monomorphic bands in the selected primers with a minimum value of 11 (UCB 810) and a maximum of 14 (USB 841), corroborating the genetic homogeneity of the ecotypes and reaffirming the determined morphological characteristics. The ploidy level of the chromosomes in the somatic metaphases showed $n = 12$, of diploid nature ($2n = 24$), a chromosome number present in cultivated species of *Capsicums*. The eight indicators and 25 sub-indicators evaluated for the sustainability of this crop determined a value of (IGen = 2.30), being non-sustainable according to the methodology used.

Keywords: *Capsicum* sp., conservation "*in situ*", level of ploidy, sustainability indicators.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, el desarrollo de la gastronomía ha permitido que surjan nuevas formas de comercialización de los ajíes, ya sea en conservas o en fruto fresco. Este cultivo está generando gradualmente mayores divisas al Perú en los últimos años debido al aporte académico de las instituciones que se abocan a investigar sus propiedades, taxonomía y adaptación (Quispe 2016).

El Perú es el país con más diversidad nativa de *Capsicum* cultivado en el mundo; en los mercados locales no es raro encontrar variedades de las cinco especies domesticadas (*C. annum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., y *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruiz & Pav.), correspondiendo a cuatro ajíes y el rocoto, mientras que en otros países comúnmente se encuentran variedades de dos o tres especies cultivadas (Libreros *et al.* 2013)

El potencial de los ajíes nativos radica que dentro de sus componentes presentan colorantes, y los capsaicinoides, compuestos muy utilizados actualmente en el mundo y el Perú en la gastronomía, la industria farmacéutica, cosmética entre otros. Pese a las cerca de 2 000 variedades de ajíes nativos peruanos, son pocos los empleados en la gastronomía y menos aún, los aprovechados por la industria (Rojas 2016).

En los últimos años se ha logrado concientizar sobre el valor de los recursos genéticos, no sólo desde el punto de vista agrícola y alimentario, sino también como definidores de identidad cultural. Por ello, muchos países, entre los que se encuentra Colombia, se han empeñado en coleccionar y mantener recursos genéticos propios (Pardey 2008).

Actualmente, como en otros cultivos los recursos genéticos de esta especie se ven afectados por varios factores, por lo que es de importancia conservar, caracterizarlos e investigar sus posibles usos en la industria y sea una fuente de genes de interés, para enfrentar problemas que impiden el aprovechamiento de forma sostenible.

El “ají Supano”, es un ecotipo que se cultiva en el valle de Supe y forma parte de los recursos genéticos pocos estudiados de los ajíes nativos que se cultivan en nuestro país. Este material genético *in situ* está en manos de pequeños agricultores, los cuales los conservan a través de siembras año tras año en pequeñas parcelas y su importancia radica que es parte de la culinaria representativa del norte chico de la región Lima.

Se le comercializa en frutos frescos en los mercados de la provincia de Barranca, no se le conoce en el gran mercado de Lima y de otros en el país, los cuales permitirían reconocer y fomentar su siembra y aprovechamiento, para que los agricultores del valle de Supe tengan un reconocimiento social y económico.

Por consiguiente, es necesario generar conocimiento científico de esta especie, para que sirva de referencia en futuras investigaciones que contribuyan a su conservación y sostenibilidad, por lo que se planteó como objetivo general:

- Realizar la caracterización y sostenibilidad del “ají Supano” (*Capsicum chinense* Jacq.) en la cuenca baja del río Supe, Barranca.

Asimismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la presencia del “ají Supano” (*Capsicum chinense* Jacq.) en la cuenca baja del río Supe, Barranca.
- Realizar la caracterización morfológica, molecular y el nivel de ploidía del “ají Supano” (*Capsicum chinense* Jacq.)
- Determinar la sostenibilidad del “ají Supano” (*Capsicum chinense* Jacq.) en la cuenca baja del río Supe.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Capsicum chinense* Jacq.

Capsicum es un género descrito por Carlos Linneo y que publicó en el año 1753 en su obra monumental *Species Plantarum*. Se cree que el nombre asignado deriva del griego *kapto*, que significa “picar” que es su principal característica (Salazar y Silva, citado por Waizel-Bucay y Camacho 2011).

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América (Nuez *et al.* 1996; Moscone *et al.* 2007; Ibiza *et al.* 2012; Rojas *et al.* 2016); están formadas por alrededor de 20 especies silvestres y 4 -5 taxones domesticadas: *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* (IBPGR 1983; Nuez *et al.* 1996; Hernández *et al.* 1999). En el Perú, existen al menos 11 especies, entre domesticadas y silvestres (Brack 2015).

Los taxones domesticados tienen una distribución mundial, pero en el momento en que Colón descubrió el Nuevo Mundo, tenían una distribución mucho más limitada, *Capsicum annuum* var. *annuum* fue mesoamericano (Pickersgill 1971), *Capsicum baccatum* var. *pendulum* estaba restringido a zonas del oeste y al este de los Andes (Eshbaugh 1970), *Capsicum pubescens* era una especie andina de mediana elevación (2000 - 2500 m) (Eshbaugh 1979), *C. chinense* y *C. frutescens* eran amazónicos (Pickersgill, citado por Nuez 1996).

Actualmente en el Perú, los ajíes que destacan en la exportación son la páprika, piquillo, bell pepper y los jalapeños. Los principales destinos son España, Alemania, EE.UU. y México; pero se busca a Asia como destino importante. Según ADEX (2018), el Perú ocupa el puesto 25 en la lista de productores de ajíes en el mundo.

2.1.1 Taxonomía de *Capsicum chinense* Jacq.

De acuerdo a Zapata *et al.* mencionados por Pardey (2008) y Conabio mencionado por Santos (2014) podemos indicar la siguiente taxonomía:

Reino	: Vegetal (Plantae)
Tipo	: Fanerógama
División	: Spermatophyta (Magnoliophyta)
Clase	: Dicotiledónea (Magnoliopsida)
Subclase	: Simpétala o Gamopétala
Orden	: Solanales o Tubiflorales
Familia	: Solanaceae
Género	: <i>Capsicum</i> L. 1753
Especie	: <i>chinense</i> Jacq. 1776

2.1.2 Origen de *Capsicum chinense* Jacq

Santos (2014), indica que la especie *C. chinense*, como todas las del género *Capsicum*, es originaria de América. Sin embargo, el taxónomo Nikolaus Von Jacquin que acuñó erróneamente el nombre de la especie, colectó plantas en el caribe (Smith y Heiser 1957 citado por Canul *et al.* 2012). Según Long (2010), entre los años 1754 y 1759 Jacquin hizo una expedición al caribe con el fin de recolectar plantas para el emperador Francis I y presentó una descripción del *C. chinense* en su libro Hortus botanicus vindobonensis, publicado en 1776; Jacquin quien le dio la nomenclatura taxonómica confusa de “chinense o sinense” a la especie, en su libro escribió que había “tomado el nombre de la planta de su sitio de origen”.

Ruíz *et al.* (2016), indica que *C. chinense* proviene de las tierras bajas de la Cuenca Amazónica y de allí se dispersó al Perú en la época prehispánica; la distribución también se dirigió hacia la cuenca del Orinoco (Colombia y Venezuela), Guyana, Surinam, Guyana Francesa y las Antillas del Caribe.

Medina *et al.* (2006), mencionan a Debouck y Libreros (1996), donde consideraron que uno de los sitios de domesticación correspondió a la parte norte de la Amazonía colombiana, con base en la gran variabilidad observada en *Capsicum* a lo largo del Ecuador. En este contexto De Witt y Bosland (1996), señalaron que las especies del complejo *C. annum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, se establecieron en forma silvestre en Colombia para migrar luego, en forma individual, a América Central y a la Amazonía; las taxa *C. baccatum* y *C. pubescens* no fueron sujetos del proceso migratorio.

2.1.3 Características más relevantes de la especie *Capsicum chinense* Jacq

Las especies del género *Capsicum* comparten rasgos comunes, pero con características propias, resaltando la presencia de constricción anular del cáliz para *C. chinense* (Parley 2006; Palacios 2007; Espinoza 2017).

Muñoz (2016), indica que la especie *C. chinense*, presenta las características más relevantes como: dos o más flores por nudo, pedicelos erectos o declinados en la antesis, corola verde (ocasionalmente blanca o morada), sin manchas difusas en la base de los lóbulos. El cáliz de los frutos maduros suele tener constricción anular en la unión con el pedicelo; las venas no están prolongadas en dientes. La pulpa de los frutos es firme. Las semillas son de color amarillo.

El chile habanero, denominado en México a la especie *C. chinense*, posee una raíz principal tipo pivotante, de 0.20 a 0.60 cm de profundidad, con raíces secundarias extendidas que varían en longitud dependiendo del tipo de suelo. Las hojas son de color verde oscuro brillante, de forma oval, dependiendo del manejo que sus dimensiones pueden llegar hasta 15 cm de largo y 10 cm de ancho; el margen es normalmente ondulado y es una característica distintiva de *C. chinense* (Gonzales *et al.* mencionado por Santos 2014).

2.1.4 *Capsicum chinense* Jacq. en el Perú

Ruiz *et al.* (2016), indica que *C. chinense* proviene de las tierras bajas de la Cuenca Amazónica y de allí se dispersó al Perú en la época prehispánica; la distribución también se dirigió hacia la cuenca del Orinoco (Colombia y Venezuela), Guyana, Surinam, Guyana Francesa y las Antillas del Caribe. Es el ají más variable del Perú, de tamaño mediano, de muchas formas (cónico, campana, alargado, ovalado) y colores (rojo, amarillo, morado). Típico de la costa norte (Apega 2009).

Slow Food (2017), menciona que el ají arnaucho es una variedad de ají nativo de la zona centro-norte de la costa peruana conocida como norte chico, área que comprende a las provincias limeñas de Huaura, Barranca y Huaral; caracterizadas por un clima cálido y seco, el ají arnaucho es cultivado por pequeños productores en las huertas y parcelas, asociado a otros tipos de cultivos.

En el **Cuadro 1** se mencionan las principales especies de *C. chinense* que se producen en el Perú, de acuerdo a la diversidad de los ecosistemas estos son: Arnaucho chili, Limo Chili,

Mochero chili y Panca chili (Promperú 2016); limos, mochero, panca, arnaucho, ají dulce (Ugás y Mendoza 2012; Apega *et al.* 2009; Espinoza 2017).

Cuadro 1: Los *Capsicum chinense* Jacq. en el Perú.

Nombre común	Nombre científico	Regiones	Diversidad	Observaciones
Limos (incluyendo Paringo, Miscucho, bola, picante, etc.)	<i>C. chinense</i>	Costa norte (Lambayeque al norte)	Muy alta	Blanco, verdor, morado amarillo, anaranjado, rojo. El grupo de ajíes más variado del Perú
Mochero	<i>C. chinense</i>	La Libertad (Trujillo)	Baja	Amarillo intenso, de planta pequeña, picante y muy productiva
Panca, especial, negro, rojo	<i>C. chinense</i>	Costa principalmente central y sur	Media	Color sangre o casi negro, es el principal ají deshidratado del Perú.
Arnaucho	<i>C. chinense</i>	Norte chico de Lima	Media	Morado, rojo, tipo trompo o globoso
Ají dulce	<i>C. chinense</i>	Amazonia (Loreto, San Martín, Madre de Dios)		Sin picor

Fuente: Ugás y Mendoza (2012), Apega *et al.* (2009), Espinoza (2017)

En 130 distritos prospectados en los departamentos de Junín, Pasco, Huánuco, Huancavelica y Madre de Dios, se ha observado con mayor frecuencia a *C. pubescens* con un 57.40%, seguido a *C. chinense* con 19.22%, *C. frutescens* en un 13.77%, *C. baccatum* con 7.79%, y por último *C. annuum* con 1.82% (MINAM 2016).

2.2. IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FILOGENÉTICOS DE *Capsicum* sp.

El Perú goza de una diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos exuberante, siendo uno de los diez países más biodiversos del mundo, lo cual lo convierte a ser un proveedor innato de recursos genéticos altamente valiosos para el sector biotecnológico. Desde esta perspectiva, se podría beneficiar a través de la implementación del acceso a recursos genéticos y distribución de beneficios, conocido como "ABS" por sus siglas en inglés de *Access and Benefit Sharing*. El ABS es capaz de lograr dos objetivos: desacelerar la pérdida de biodiversidad, mediante la distribución

de los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos y el segundo en compensar a las comunidades indígenas y locales por el uso de su conocimiento tradicional, debido a que se utiliza esa información para el avance de la ciencia (Silvestri 2016).

Los recursos fitogenéticos se conservan para utilizarlos y solo es posible si se conocen sus características y posibles usos. La caracterización y evaluación son actividades complementarias que describen los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, que puedan servir para la producción o el mejoramiento de los cultivos (Corozo 2012).

La conservación de los Recursos Fitogenéticos de *Capsicum* a través de los Bancos de Conservación por diferentes Instituciones en el Mundo, contribuye a la Seguridad Alimentaria en el Marco del Desarrollo Sostenible para el aprovechamiento de los Recursos de las generaciones futuras. El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) promueve la Conservación y el Uso de los Recursos Fitogenéticos (RFG) de los *Capsicums*, para el Desarrollo Sostenible en las Américas (Munoz 2016).

Apega *et al.* (2009), mencionan que se conoce poco de la diversidad de nuestros ajíes, se necesita un mapa de las variedades que hay en cada región y saber si existen duplicados “si una misma variedad recibe nombres diferentes o si el mismo nombre se aplica a variedades genéticamente distintas”. Debemos conservar nuestra diversidad, la cual es el resultado de una evaluación conjunta de plantas y seres humanos desarrollada durante miles de años: para no interrumpirla, las plantas de *Capsicum* deben mantenerse en el campo, cruzándose y produciendo nuevas variantes que se adapten a nuevas condiciones, como el cambio climático global que se manifiesta ya en la agricultura peruana.

Tevfik (2019), indica que *C chinense*, está estrechamente relacionado con *C. annuum* L., y las dos especies comparten un acervo genético común. Existe un número limitado de variedades cultivadas de *C. chinense*; sin embargo, se reconoce que el germoplasma de *C. chinense* alberga alelos útiles para rasgos importantes como el rendimiento de la fruta, la resistencia a la enfermedad, la acumulación de metabolitos secundarios y los caracteres tecnológicos de la fruta. Además, es factible obtener progenie fértil a partir de cruces interespecíficos de *C. chinense* y *C. annuum*. En consecuencia, *C. chinense* tiene un alto

potencial de reproducción para mejorar varios rasgos diferentes en la reproducción de pimientos.

2.2.1. Mantenimiento de la diversidad en *Capsicum* sp.

Los agricultores son los guardianes y los principales usuarios de esta biodiversidad agrícola y de los recursos fitogenéticos. La diversidad genética contenida en las variedades tradicionales, los cultivares modernos y las especies silvestres afines a las plantas cultivadas constituyen la base para la producción de alimentos y actúan como amortiguadores para la adaptación y la resistencia ante el cambio climático. Todos los países del mundo dependen de los recursos fitogenéticos y existe una necesidad continua de conservar, intercambiar y transferir germoplasma sano para la sostenibilidad de la agricultura y el mantenimiento de un agro ecosistema dinámico (FAO 2008).

La diversidad de los cultivos presenta erosión genética como consecuencia de desastres y destrucción de áreas naturales, sustitución de variedades criollas, plagas y enfermedades, entre otras causas; que se manifiesta en pérdida de genes de interés agronómico y comercial. FAO (1979) propuso a los *Capsicums* como cultivo de alta prioridad para los estudios de conservación por dos motivos fundamentales; su importancia económica y por la pérdida en alto grado de la variabilidad natural (Alonso *et al.* 2012).

García (2013), indica que la diversidad de ajíes nativos y similares (*Capsicum* spp.) en el Perú estaría en el rango de cientos o quizás miles de variedades, aunque el número exacto no se conoce en la actualidad. Este elevado número de variedades ha llevado a postular a este país como uno de los centros de diversidad para este cultivo a nivel mundial (Eshbaugh 1993). La mayoría de estas variedades se han ido extinguiendo debido a la falta de incentivos económicos para que los agricultores las continúen cultivando dentro de sus parcelas agrícolas.

2.2.2. Conservación *in situ* en *Capsicum* sp.

La conservación *in situ* es el proceso de cultivo y conservación de la biodiversidad como una estrategia adaptativa que involucra el mantenimiento y la intervención de distintos usos de variedades o cultivos en sistemas agrícolas, con la participación activa de la familia campesina en función de sus conocimientos y usos particulares (Tapia y Rosas 1998; Grenade y Nabhan 2013).

La conservación *in situ* ofrece la posibilidad de continuar los procesos de adaptación genética en las variedades cultivadas por los agricultores locales, en contraste con la conservación *ex situ* donde se preserva los genes y genotipos mediante su cultivo en zonas de aclimatación o mediante la conservación de semillas en bancos de germoplasma.

La diversidad genética en las variedades locales de ajíes tiene una dinámica propia en los sistemas tradicionales de cultivo, como la milpa en Yucatán, que ha sido desarrollada por sus conservadores-cultivadores en respuesta a sus necesidades de alimento, y que refleja los rasgos culturales en el uso y el manejo de los recursos naturales (Alonso *et al.* 2012).

2.2.3. Caracterización morfológica de *Capsicum chinense* Jacq.

La caracterización morfológica de los materiales fitogenéticos es una actividad que permite la selección de los materiales más promisorios para su posterior utilización en programas de mejoramiento. De acuerdo (IBPGR 1980) la caracterización consiste en registrar todas aquellas caracterizaciones que son altamente heredables, que pueden verse fácilmente y que son expresadas en todos los ambientes (Martin y Gonzales 1991).

Se define como “descriptor” a un término descriptivo tal como el color de fruto, días a floración, etc., siendo el estado del descriptor el valor o grado de la característica codificada en función de la variabilidad de su expresión (Ríos 2017).

Este procedimiento nos permite medir y conocer la variabilidad genética del genoma de una población, diferenciar taxonómicamente a las plantas, y seleccionar los descriptores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes para evaluar de las plantas (Hernández 2013).

Perez *et al.* (2008), indica que tradicionalmente, los caracteres morfológicos se han utilizado para describir e distinguir entre variedades vegetales. Actualmente, para el chile (ajíes) se utilizan los descriptores de *Capsicum* publicados por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI 1995) y en base a éstos, se han descrito diferentes tipos y variedades de chile en el mundo (Muñoz y Pinto 1966; Pozo 1981; Laborde y Pozo 1982; Pozo *et al.* 1991; Latournerie *et al.* 2002; Alonso *et al.* 2005; Yong-Sham *et al.* 2005).

Corozo (2012) en un estudio de la variabilidad genética de 13 accesiones de *C. chinense* procedentes del norte del Perú, indica que las variables cuantitativas mostró mayor promedio para las accesiones de Virú en las variables de longitud de hoja (9.29 cm) ancho de la hoja (6.39), longitud de la antera (0.60cm), longitud del filamento (0.61 cm), longitud del fruto (7.27), peso del fruto (22.73), longitud del pedicelo (3.18 cm) y diámetro de la semilla(3.21 cm), mientras las accesiones colectadas en Tumbes, presentaron mayores promedios en las variables de longitud de la corola(1.08cm) y espesor de la pared del fruto (2.41 cm). Sin embargo, en la variable ancho del fruto ambos presentaron la misma longitud (3.52 cm). La respuesta positiva de las accesiones de Virú respecto a lo de Tumbes posiblemente se debió a una mejor adaptación o al manejo agronómico. Así mismo se notó un alto coeficiente de variación en ambas colecciones, indicando que las características de fruto contribuyeron a la alta variabilidad de la especie *C. chinense*. Resultados similares se han reportado indicando que la variabilidad del género se da primero a nivel de características de fruto, seguido por la arquitectura de la planta y finalmente estructura de flores y numero de flores por axila (Pardey 2008).

Dentro las variables cualitativas la variabilidad de *C. chinense* la mayoría de las accesiones de Virú y Tumbes presentaron en estado de planta mayor frecuencia de promedios en color de tallo, predominando el morado, antocianina del nudo morado claro, forma del tallo cilíndrico, pubescencia del tallo, habito de crecimiento, densidad de ramificación, macollamiento y densidad de hojas, intermedio, color de hoja ver, forma de la hoja oval, margen de la lámina foliar ondulada, pubescencia de la hoja escasa (Corozo 2012).

Santos (2014), evaluó en México seis morfotipos de chili habanero (*C. chinense*), encontrando los resultados siguientes: el color de la corola de la flor es blanco verdoso con anteras azul pálido. El color del tallo y de la hoja presento una variación con respecto al morfotipo blanco haciendo distinción de los demás tipos con una coloración en verde pálido. Las hojas presentan tres formas ovales, deltoide y lanceoladas; la altura promedio de la planta *C. chinense* Jacq. es de 62.3 cm. La forma de los frutos son acampanulados y triangulares, con epidermis de liso a rugosa, teniendo variación en la parte inferior del fruto terminando en punta, hundido y puntudo. El promedio en peso fresco del fruto de todos los morfotipos de chile habanero fue de 5.8 gr.

Libreros *et al.* (2013) evaluaron 18 ajíes (*C. chinense*) de semillas colectadas en las regiones de Cajamarca, Ucayali, San Martín y Loreto y conservadas en el banco de semillas del INIA - Perú, registrándose como: ají limo (1), ají charapita (3), ají dulce (4), ají pucunucho (4), tomatito rojo (1), ají rojo (1); y como no identificados (4), se determinaron características de la forma de fruto que varían entre redondo, triangular, elongado y acampanado; con coloración de fruto maduro de amarillo, naranja y rojo, con plantas de hábito de crecimiento que varían entre intermedia (compacta), erecta y postrada.

2.2.4. Caracterización molecular en *Capsicum* sp.

La pérdida masiva de valiosas especies de plantas en los últimos siglos y su impacto adverso en los valores ambientales y socioeconómicos ha provocado la conservación de los recursos vegetales. La identificación y caracterización adecuadas de los materiales vegetales es esencial para la conservación exitosa de los recursos vegetales y para asegurar su uso sostenible. Las herramientas moleculares desarrolladas en los últimos años proporcionan medios fáciles y menos laboriosos para asignar taxones de plantas conocidos y desconocidos. Técnicas moleculares como el código de barras del ADN, el ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD), el polimorfismo de la longitud del fragmento amplificado (AFLP), los microsatélites y los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) se han utilizado recientemente para estudios de diversidad de plantas. (Arif, *et al.* 2010).

Pérez (2013) menciona que, para explorar la variabilidad genética existente en una colección de variedades autóctonas, es esencial realizar una caracterización y evaluación de dicha diversidad. Los métodos de análisis de la diversidad genética han evolucionado de manera gradual, partiendo de los análisis basados en caracteres morfológicos, pasando por las evaluaciones electroforéticas de variantes bioquímicas y, más recientemente, mediante el análisis molecular de las variantes existentes en las secuencias de ADN.

Parley y Garcia (2011), indican que los marcadores de tipo microsatélite se están utilizando en la estimación de la variabilidad genética dentro y entre poblaciones, así como en muestras de introducciones de especies cultivadas o silvestres. Los microsatélites (SSR) son repeticiones de 2 a 8 pares de bases que pueden variar en el número de repeticiones. Estas repeticiones cortas son abundantes y frecuentemente extendidas en genomas eucarióticos, altamente polimórficos y fácilmente trabajados con la técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) usando iniciadores complementarios a la región flanqueante de la

repetición. La identificación y secuenciación de los iniciadores es el paso más laborioso. Sin embargo, una vez desarrollados estos marcadores que son codominantes constituyen el sistema más informativo, incluso entre individuos emparentados (De Vicente y Fulton 2004).

Lengua (2018), indica que la caracterización molecular en el género *Capsicum* data desde 1993 (Lefevre *et al.* 1993), donde utilizaron sondas de ADN para examinar fragmentos de longitud polimórficos entre cultivares en las cuales encontraron mayor variabilidad genética entre especies que entre variedades, concluyendo que los marcadores moleculares de ADN son más informativos en estudios intraespecíficos que las isoenzimas.

Alonso *et al.* (2012), utilizó la caracterización molecular como herramienta para evaluar la diversidad de *Capsicum annuum* y compararla con las características morfológicas, los resultados de las 10 poblaciones silvestres estudiadas manifestaron segmentos polimórficos amplificados por medio de ISSR-PCR, indicadores de la existencia de diversidad genética.

Medina *et al.* (2006) reportó diversos estudios morfológicos y moleculares de caracterización de la variabilidad de taxa del género *Capsicum*. Un común denominador de los trabajos anteriores ha sido la demostración del amplio polimorfismo genético y morfológico del género, con excepción del trabajo de Toquica y su grupo (2003), quienes en un estudio que incluyó accesiones de los taxa de *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum* y *C. frutescens*, procedentes del departamento del Amazonas, y usando marcadores moleculares AFLP, reportaron una variabilidad genética limitada y una relación estrecha entre las diversas especies. Tevfik (2019), indica que en un estudio se extrajo el genoma de *C. chinense* en búsqueda de repeticiones de secuencias simples (SSR) de trinucleótidos y los loci de repetición se convirtieron en 53,749 marcadores de PCR.

2.2.5. Nivel de ploidía en *Capsicum* sp.

El número de cromosomas y el nivel de ploidía (número de juegos completos de cromosomas en una célula) son datos útiles en el estudio de una especie y en la caracterización del germoplasma (Seminario 2004).

El número y morfología de los cromosomas de los organismos eucariontes se estudian con mayor facilidad durante la metafase mitótica. El ciclo celular, número y morfología cromosómica se estudian en las células en división de los tejidos meristemáticos (Talledo *et al.* 1995).

El análisis citogenético de los cromosomas y estudios con isoenzimas ha permitido un mejor conocimiento de las relaciones existentes entre las especies domesticadas y las silvestres, así como el curso de evolución de las primeras. La mayoría de las especies del género *Capsicum* tienen un número cromosómico $2n=2x=24$, algunas especies poseen $2n=2x=26$ (Galbarini 1999).

Pérez (2013) y Moscone *et al.* (2003), indicaron que el género *Capsicum* es mayoritariamente diploide, y aunque existe un pequeño número de especies silvestres que cuentan con un número cromosómico básico de $x = 13$ ($2n = 2x = 26$); como *C. campylopodium* Sendt. y *C. rhomboideum*), la mayoría de las especies del género *Capsicum* presentan el número cromosómico de $x = 12$ ($2n = 2x = 24$).

Moscone *et al.* (2007), mencionan que de las 20 especies y cinco variedades de *Capsicum* evaluadas entre silvestres y domesticadas, trece de ellas presentan el número cromosómico de $2n= 2x=24$ (*Capsicum chacoense*, *C. parvifolium*, *C. galapagoense*, *C. annuum*) (variedades *glabriusculum* y *annuum*), *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* (variedades *baccatum*, *pendulum* y *umbilicatum*), *C. praetermissum*, *C. exiniium*, *C. cardenasii*, *C. pubescens*, *C. tovarii* y *C. flexuosum*), mientras que siete especies tiene $2n=2x=46$ (*C. mirabile*, *C. schottianum*, *C. pereirae*, *C. campvlopodium*, *C. recurvatunj*.

2.3. LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible no es una idea nueva, en la historia humana muchas culturas han reconocido la necesidad de armonizar el medio ambiente, la sociedad y la economía; la cual debe articularse en el contexto de una sociedad global y dentro de las políticas gubernamentales (Esquivel 2016).

La primera vez que el concepto de sostenibilidad es ampliamente aceptado (al menos formalmente) en la sociedad moderna, es por medio del concepto de desarrollo sostenible del Informe Brundtland (ONU 1987), el cual indica que “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Bermejo 2018).

Toro-Mujica *et al.* (2011) así como Sarandon y Flores (2009) a través de (Meza y Julca 2015), indican que la agricultura sostenible es aquella actividad que proporciona un rendimiento sostenido a largo plazo, haciendo uso de tecnologías ecológicamente racionales y permite conservar en el tiempo el flujo de bienes y servicios que satisfacen las necesidades socioeconómicas y culturales de la población en un determinado agroecosistema.

Sarandon (2002) menciona que la agricultura sostenible debe cumplir satisfactoriamente y simultáneamente cuatro requisitos: ser suficientemente productivo, económicamente viable y ecológicamente adecuada (que conserve la base de los recursos y que preserve la integridad del ambiente, en el ámbito local, regional y global) y ser cultural y socialmente aceptable.

2.3.1. La sostenibilidad de la agricultura y la biodiversidad

La biodiversidad desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria, la nutrición, los medios de vida y la prestación de servicios ecosistémicos. Los sectores agrícolas figuran entre los mayores usuarios de la biodiversidad, pero tienen también el potencial de contribuir a su protección. Se necesita una buena gobernanza, así como marcos e incentivos administrativos para facilitar la incorporación de la perspectiva de la biodiversidad (FAO 2018a).

La biodiversidad es parte integral de la salud de los ecosistemas, es esencial para el aumento sostenible de la producción de alimentos y necesaria para crear medios de subsistencia resilientes. Sin embargo, el alarmante ritmo de pérdida de biodiversidad actual amenaza con consecuencias devastadoras para la humanidad (FAO 2018b)

El Perú cuenta con una gran biodiversidad de ajíes y que constituye el ADN de nuestra cultura gastronómica que garantiza el color y sabor de la comida nacional, que está en manos de 8,942 familias productoras de ajíes y rocotos. Mediante la Resolución Ministerial N° 0434-2017-MINAGRI, aprobó el “Plan de Desarrollo Sostenible de las especies del género *Capsicum* 2018-2028”, cuyo objetivo es aumentar la producción sostenible de ajíes, a través de la mejora de sus niveles de competitividad y productividad, lo cual permitirá aprovechar las oportunidades en el mercado nacional e internacional (Andina 2018).

La conservación de la biodiversidad y los indicadores geográficos (consumo de ajíes nativos oriundos del Perú) están incluidos dentro de los criterios del biocomercio, el cual promueve

la producción, transformación y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad; todo ello de acuerdo con criterios ambientales, sociales y de sostenibilidad económica (UNCTAD 2007), mencionado por García (2013).

2.3.2. Medición de la sostenibilidad en la agricultura

Para estimar la sostenibilidad se utilizan indicadores, que son herramientas para resumir y simplificar información de naturaleza compleja y de manera útil. Pueden ser números o cualidades que ponen de manifiesto el estado o condición de un proceso o fenómeno en relación con la sostenibilidad y permiten entender cómo evolucionan las cosas a través del tiempo (Adriane 1993; De Camino y Müller 1993; Winograd 1995; Guzmán 1997 mencionado por Ramírez *et al.* 2008).

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas mediante el uso de una metodología y uso de indicadores, permite observar claras tendencias en el desarrollo de los sistemas productivos. Un indicador es un signo, típicamente medible, que puede reflejar una característica cuantitativa o cualitativa, y que es importante para hacer juicios sobre condiciones del sistema actual, pasado o hacia el futuro. La determinación y construcción de estos indicadores debe partir del supuesto de que se realice un concienzudo esfuerzo de recopilación de información confiable, mediante fuentes primarias y secundarias de información, como son las encuestas que es recolección de información primaria (Bolívar 2011).

De acuerdo a Sarandon (2002), el uso de indicadores con valores claros, objetivos y generales, permite la operativización del concepto de sustentabilidad y mejora la toma de decisiones de los sistemas agropecuarios. Para comparar y facilitar el análisis de las dimensiones de la sustentabilidad los datos se estandarizan a través de una escala para cada indicador siendo el de mayor sustentabilidad o el más bajo. Posteriormente los indicadores se ponderan por consulta a con expertos y consenso con los agricultores.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PRESENCIA DE *Capsicum Chinense* Jacq. “AJÍ SUPANO” EN LA CUENCA BAJA DEL RIO SUPE, BARRANCA

Respecto al Objetivo 1, la evaluación se realizó durante las campañas 2015-2016 y 2016-2017. La **Figura 1** nos muestra la ubicación del área de estudio dentro de la región Lima, provincia Barranca, distrito Supe.

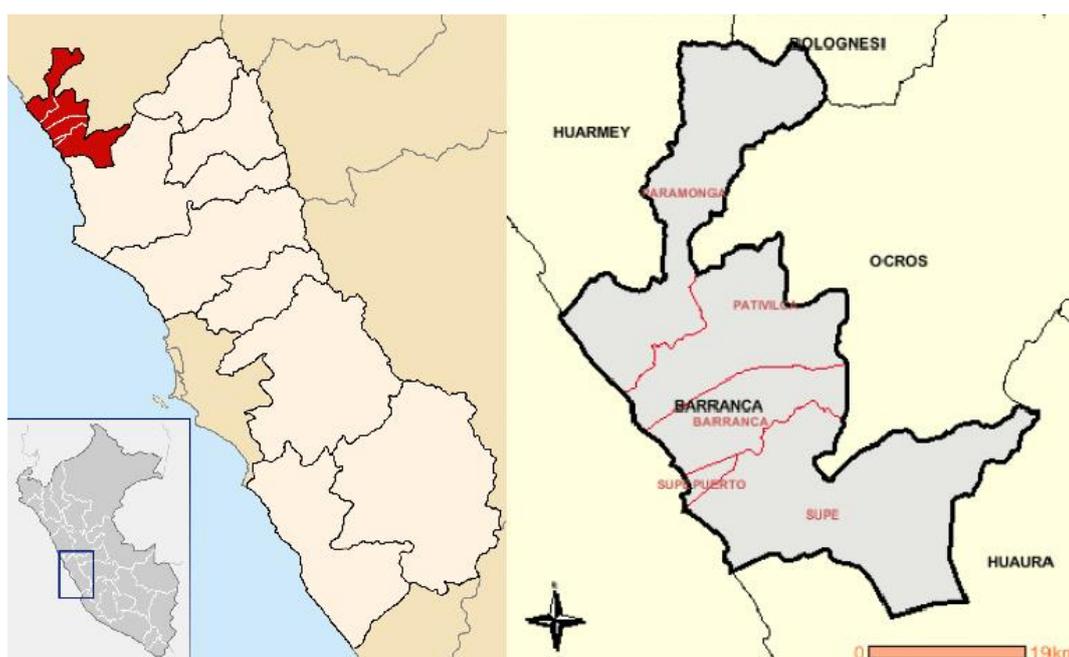


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Respecto a la metodología empleada, se tomó en cuenta lo siguiente:

- **Búsqueda del material en estudio**

Se realizó considerando el diseño metodológico del (INIEA 2006; Alonso *et al.* 2012; MINAM 2016), previa información del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Donoso Huaral y la Junta de Regantes del valle de Supe.

- **Registro de la información geográfica**

Haciendo uso de un GPS (Garmin), se realizó la geo referenciación recabando información de las áreas de cultivos y de los agricultores. Ubicada las áreas de siembra por cada campaña agrícola, se capturó la representación gráfica obtenida por Google earth.

3.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, MOLECULAR Y NIVEL DE PLOIDIA

Respecto al Objetivo 2, esta se realizó en la campaña 2016-2017, comprendido entre los meses de octubre del 2016 a marzo del 2017.

El lugar de ejecución de la caracterización morfológica fue realizado en el campus agrícola de “Los Anitos” de la Universidad Nacional de Barranca (UNAB) situado en las coordenadas geográficas: latitud S 100 45’ 53.64”, longitud O 770 44’ 29.407” y altitud 83 msnm, correspondiente al sector de Santa Margarita, Distrito y Provincia de Barranca, región Lima.

Las condiciones ambientales estuvieron representadas por las condiciones climáticas y el tipo de suelo del campus agrícola Los Anitos. A continuación, se detallan en los **Cuadros 2 y 3**.

Cuadro 2. Datos meteorológicos de la Provincia de Barranca a través de la estación meteorológica de Paramonga.

Año	Mes	Temperatura			Humedad Promedio (%)	Precipitación (mm)
		Max.	Min.	Promedio		
2016	Octubre	21.7	16.2	19.0	81.0	0.0
	Noviembre	22.8	16.8	19.9	80.9	0.0
	Diciembre	23.9	17.9	20.9	83.9	0.0
2017	Enero	26.5	20.6	23.5	84.8	0.0
	Febrero	27.7	21.9	24.8	84.1	0.0
	Marzo	27.0	22.2	24.6	85.3	0.0

Fuente: Agroindustrias Paramonga S.A(AIPSA) 2016-2017

El análisis de caracterización del suelo del área de evaluación morfológica fue de textura franca, con una reacción del suelo (pH) moderadamente alcalino, sin peligro de sales (C.E), tanto la materia orgánica (M.O.%), el nitrógeno (N%), el potasio (K%) fueron bajos, lo contrario sucedió con el fosforo (P%) que fue alto. La presencia del carbonato de calcio (CaCO₃) fue normal.

Cuadro 3. Análisis de caracterización del suelo del área de evaluación morfológica del “ají Supano”.

CE Ms/cm 1:2.5	pH 1:2.6	M.O %	N %	P ppm	K ppm	CATIONES INTERCAMBIABLES meq/100 gr suelo					TEXTURA				
						CaCO3 %	Ca	Mg	Na	K	CIC-E	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE
0.45	8.18	0.48	0.02	38	25	0.88	12	0.08	0.003	0.06	12.1	38.56	39.64	21.8	FRANCO

Fuente: Laboratorio de suelos INIA Donosos Huaral

Respecto al material genético utilizado, este estuvo constituido por semillas de cuatro agricultores, los cuales sembraron este ají en forma consecutiva en dos campañas. Las semillas fueron colectadas en la campaña agrícola 2015-2016 (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Datos de las parcelas de los agricultores donde se colectaron las semillas del “ají Supano”.

Ecotipos	Ecotipo 1	Ecotipo 2	Ecotipo 3	Ecotipo 4
Agricultor	Dávila Bueno Alejandro	Dávila Bueno Aquiles	Lara Enríquez Alfredo	Quispe Villareal Raúl
Edad (Años)	88	80	55	84
Sector	La Campiña	La Campiña	La campiña-Río Seco	Supe Pueblo
Latitud S	S 10° 48' 32.36"	S 10° 48' 42.75"	S 10° 48' 1.20"	S 10° 47' 34.67"
Longitud O	O 77° 41' 49.44"	O 77° 41' 25.42"	O 77° 41' 35.15"	O 77° 42' 48.30"
Altura (msnm)	51	52	58	68
Área de siembra(m2)	300	100	500	150

Respecto a la metodología empleada, se tomó en cuenta lo siguiente:

3.2.1. Instalación del área de evaluación

a. Preparación de almácigos

En el mes de octubre del 2016 se realizó la preparación de almácigos

b. Establecimiento y conducción del área de evaluación

Se realizaron las siguientes labores culturales:

- Preparación de terreno. Se realizó con maquinaria agrícola (barbecho, gradeo, nivelado y surcado), los distanciamientos fueron de 1.0m x 0.5 m.

- Trasplante. Se realizó a los 45 de edad de los plantines
- Abonamiento. Se realizó considerando el análisis de suelos y en dos oportunidades: a la semana del trasplante (120-180-300) y al aporque (150-0-300)
- Control de malezas. Químico: Metribuzina 170 ml/cil
- Riegos. Frecuente una vez por semana
- Aporque. a los 30 días del trasplante
- Control fitosanitario. Semanal

3.2.2. Recolección de datos

Para la caracterización morfológica se seleccionaron 44 descriptores cualitativos y 24 cuantitativos del manual de descriptores IPGRI, AVRDC y CATIE (1995) (**Cuadro 5**).

3.2.3. Análisis de datos

Con el objeto de conocer el comportamiento de los descriptores cuantitativos de los ecotipos en las parcelas de observación, se procedió a realizar un análisis descriptivo para estimar (valor mínimo, valor máximo, media, desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación) que resumieran la variabilidad de cada una de las características evaluadas (Castañon *et al.* 2010). Para los descriptores cualitativos se determinó la característica más frecuente (moda) (Muñoz 2016).

3.2.4. Lugar de ejecución del análisis molecular y nivel de ploidía

Se realizaron en el laboratorio de Biotecnología del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

3.2.5. Fecha de ejecución

Se realizaron entre los meses de enero a marzo del 2017.

3.2.6. Material genético utilizado

Estuvo constituido por las mismas semillas procedentes de agricultores

Las mediciones se hicieron sobre 10 plantas en cada parcela de observación.

Cuadro 5. Descriptores que se consideraron para la caracterización morfológica

	Descriptores cualitativos	Descriptores cuantitativos	
Plántula	Color del hipocotilo	Longitud de hoja cotiledonal (mm)	
	Pubescencia del hipocotilo	Ancho de hoja cotiledonal (mm)	
	Color de hoja cotiledonal		
	Forma de hoja cotiledonal		
Planta	Color de tallo (antes del trasplante)	Altura de planta (cm)	
	Ciclo de vida	Ancho de la planta (cm)	
	Antocianina del nudo	Longitud del tallo (cm)	
	Forma del tallo	Diámetro de tallo (cm)	
	Pubescencia del tallo		
	Densidad de ramificación		
	Macollamiento		
Hoja	Densidad de hojas		
	Color de hoja	Longitud de la hoja madura (cm)	
	Forma de la hoja	Ancho de la hoja madura (cm)	
	Pubescencia de la hoja		
Flor	Margen de la lámina foliar		
	Número de flores por axila	Días a la floración	
	Posición de la flor	Numero de flores por axila	
	Color de la corola	Longitud de la corola	
	Color de la mancha de la corola	Longitud de la antera (mm)	
	Forma de la corola	Longitud del filamento (mm)	
	Color de las anteras		
	Color del filamento		
	Excerción del estigma		
	Esterilidad masculina		
	Pigmentación del cáliz		
	Margen del cáliz		
	Constricción anular del cáliz		
	Semillas	Manchas o rayas antocianinicas	Días a la fructificación
		Color del fruto en estado intermedio	Periodo de fructificación
Cuajado del fruto		Longitud del fruto (cm)	
Color del fruto en estado maduro		Ancho del fruto (cm)	
Forma del fruto		Peso del fruto (g)	
Forma del fruto en la unión con el pedicelo		Longitud del pedicelo del fruto (cm)	
Cuello en la base del fruto		Espesor de la pared del fruto (mm)	
Forma del ápice del fruto			
Apéndice en el fruto			
Color de la semilla		Diámetro de la semilla (mm)	
Superficie de la semilla	Peso de 100 semillas (g)		
Tamaño de la semilla	Numero de semillas por fruto		

Fuente: IPGRI *et al.* (1995)

3.2.7. Metodología empleada para el análisis molecular

a. Instalación de la muestra vegetal

De los frutos colectados y posterior mezcla de semillas se seleccionaron 30 semillas al azar y se sembraron en macetas de plástico usando sustrato estéril (50% compost y 50% arena) bajo condiciones de casa malla a temperatura de 28 ± 2 °C (Anexo 5).

b. Extracción del ADN

La extracción de ADN se realizó utilizando el método Micro-CTAB (Doyle y Doyle 1987) modificado en el Laboratorio de Biotecnología del PIPS en Cereales y Granos Nativos (Arones 2016) y se procedió de la siguiente manera:

- Secado de las hojas. A los 30 días después de la siembra se tomaron 3 hojas jóvenes de cada individuo y se colocaron dentro de bolsas ziploc para su posterior secado en silicagel.
- Molienda de las muestras. Luego de cuatro días, las hojas secas fueron colocadas en viales de 1.5 ml junto con esferillas de metal y llevadas a un molino para muestras secas Mill 200, para convertir el material vegetal en polvo.
- Fase de lavado. Bajo condiciones de cámara de extracción se procedió a verter una cantidad de 700 ul de buffer CTAB y 5 μ l de β -mercaptoetanol, para posteriormente ser mezclados por inmersión. Luego fueron llevados al Termomixer a 60°C por 45 minutos.
- Fase de separación orgánica. Se vertió 700 ul de una solución de alcohol isoamílico-cloroformo a una proporción de 1:24 al vial y se mezcló por inmersión para ser lavada, para después centrifugarla a 14000 rpm por 5 minutos. Se formó en el vial dos fases, se extrajo el sobrenadante y se vertió en otro vial.
- Fase de precipitado. Al producto extraído en la fase anterior se vertió 500 ul de etanol absoluto, se mezcló por inmersión y se expuso a -20°C por media hora. Pasado ese tiempo se llevó a la centrífuga a 14000 rpm por un tiempo de 20 minutos cuyo producto obtenido es el ADN comprimido en la base de color blanco (llamado también pellet).

- Fase de lavado. Para eliminar las impurezas orgánicas que se habría quedado, se realizaron dos lavados con etanol al 75% con un centrifugado de 5 minutos cada uno.
- Fase de secado. En esta fase se dejó secar el ADN con los viales destapados envueltos en papel toalla por un día.
- Dilución del ADN en agua miliQ (agua bidestilada). En esta fase el ADN se diluyó en 30 ul de agua a una temperatura de 65°C por 15 minutos.
- Purificación del ADN. A las muestras de ADN se les adicionó ARNasa (2 ul por muestra) y se incubó a una temperatura de 37°C por una hora. Las muestras fueron almacenadas por -20°C.

c. Cuantificación y pureza de ADN

- Lectura de cantidad y pureza del ADN. La cantidad del ADN fue medida en un biofotómetro IMPLÉN a 260/280 a razón de 1.7 a 1.9 (**Cuadro 6**)

d. Electroforesis horizontal (prueba en gel de agarosa -Calidad del ADN)

Se realizó con la intención de visualizar la integridad del ADN (entero o fragmentado) a través de gel de agarosa al 1%.

e. Preparación de las muestras previa a PCR

- Dilución de las muestras. Para la aplicación de la técnica primero tenemos que diluir las muestras a 10 ng/UL a un volumen de 50 ul, utilizando la fórmula: $C1 \times V1 = C2 \times V2$ (**Cuadro 7**).

Cuadro 6. Pureza del ADN en los 30 individuos evaluados a través del biofotómetro

Individuo	Cantidad (ng/ul)	Pureza (260/280)
1	2444	1.83
2	1765	1.86
3	1865	1.86
4	1190	1.81
5	1246	1.83
6	3746	1.94
7	2240	1.88
8	2658	1.9
9	3670	1.89
10	4239	1.85
11	2552	1.83
12	1445	1.81
13	2121	1.86
14	1847	1.86
15	3793	1.91
16	991	1.75
17	4837	1.85
18	2683	1.82
19	3058	1.88
20	2523	1.75
21	1965	1.83
22	2529	1.81
23	222	1.40
24	669	1.70
25	267	1.49
26	454	1.44
27	513	1.64
28	951	1.79
29	3483	1.85
30	2342	1.8

Cuadro 7. Dilución de la muestra para la aplicación de la PCR

Individuo	Cantidad (ng/ul)	C1 (ng/ul)	V1 (ul)	C2 (ng/ul)	V2 (ul)	Vol H ₂ O
1	2444	2444	0.41	10	100	99.59
2	1765	1765	0.58	10	100	99.42
3	1865	1865	0.55	10	100	99.45
4	1190	1190	0.84	10	100	99.16
5	1246	1246	0.8	10	100	99.20
6	3746	3746	0.27	10	100	99.73
7	2240	2240	0.45	10	100	99.55
8	2658	2658	0.38	10	100	99.62
9	3670	3670	0.27	10	100	99.73
10	4239	4239	0.24	10	100	99.76
11	2552	2552	0.39	10	100	99.61
12	1445	1445	0.69	10	100	99.31
13	2121	2121	0.47	10	100	99.53
14	1847	1847	0.54	10	100	99.46
15	3793	3793	0.26	10	100	99.74
16	991	991	1.01	10	100	98.99
17	4837	4837	0.21	10	100	99.79
18	2683	2683	0.37	10	100	99.63
19	3058	3058	0.32	10	100	99.68
20	2523	2523	0.39	10	100	99.61
21	1965	1965	0.51	10	100	99.49
22	2529	2529	0.4	10	100	99.60
23	222	222	4.5	10	100	95.50
24	669	669	1.49	10	100	98.50
25	267	267	3.74	10	100	96.26
26	454	454	2.2	10	100	97.80
27	513	513	1.94	10	100	98.06
28	951	951	1.05	10	100	98.95
29	3483	3483	0.29	10	100	99.71
30	2342	2342	0.43	10	100	99.57

- Amplificación del ADN por medio ISSRs. Con la finalidad de elegir iniciadores que proporcionan una mejor respuesta en términos de amplificación de bandas nítidas y polimórficas se realizó una pre-selección de 21 iniciadores, de los cuales se eligió cuatro iniciadores ISSR (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Empleo de Iniciadores o Primers seleccionados para la evaluación de los 30 individuos de “aji Supano

Nombre del Primer	Secuencia del Primer
SSR 22	5'-SSW NGA CAG ACA GAC A-3'
UCB 807	5'-AGA GAG AGA GAG AGA GT-3'
UCB 810	5'-GAG AGA GAG AGA GAG AT-3'
UCB 841	5'-GAG AGA GAG AGA GAG AYC-3'

f. Protocolo PCR para marcadores ISSR

- Preparación del mix. El mix de reacción para cada muestra se muestra en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Composición del Mix de reacción para el PCR

Reactivos	Cantidad (ul)
ADN	3.0
dNTPs	0.4
MgCl ₂	1.2
Primer (iniciador)	0.4
Taq polimerasa	2.5
Albumina de bovino	0.5
Buffer(10nM tris-HCl pH 8.3; 50 nM KCl)	1.0
Agua bidestilada (miliQ)	1.0
Total	10.0

- Reacción de amplificación. Se utilizó un Termociclador Bio-rad mediante el programa de 40 ciclos de incubación por cuatro horas
95°C por un minuto (activación de la enzima)
94°C por un minuto* (desnaturalización de la muestra)
40°C por un minuto* (primer se adhiere a la cadena abierta del ADN)
72°C por un minuto*(reacción de la enzima polimerasa)
72°C por siete minutos (amplificación del ADN)

g. Electroforesis vertical (geles de poliacrilamida)

- Preparación de gel de poliacrilamida. Se utilizó acrilamida al 6%, APS (persulfato de amonio al 10%), 7 m de urea, catalizada con Temed, TBE
- Corrida de geles. Se utilizó una cámara electroforética vertical de la cual se posicionó la matrix (molde de acrilamida) y se cargó las 30 muestras (3 ul) y en los laterales se cargó 3 ul de marcador de peso de 100pb, la pre corrida se realizó a 500 V por 30 minutos y la corrida a 500 V por 6 horas.
- Fijación de geles en nitrato de plata. La tinción del gel con nitrato de plata consistió en sumergir la matriz:
En una solución fijación por 10 minutos.
Por 20 minutos en una solución de tinción
En una solución de revelado hasta que se visualicen las bandas
En una solución fijación por 10 minutos

3.2.8. Recopilación y registro de datos

La lectura de bandas se dio a través de los fragmentos de ADN generados en el rango de 1000 a 400 pb, rango aceptable. Estas bandas observadas se codificaron mediante un sistema binario, asignado un valor 1 para la presencia y 0 para la ausencia de la banda. Los datos fueron registrados a través de fotografías tomadas.

3.2.9. Metodología empleada para determinar el nivel de ploidía

Se procedió de acuerdo al protocolo descrito por Watanabe y Orillo (1993), modificado para el momento de toma de muestras de raíces (considerando el protocolo del CIP desde las 11.00 a.m. hasta las 14.00 horas).

- Toma de muestras. Una vez las plántulas emitieron sus raíces en las macetas, se procedió a coleccionar cinco raíces tomadas al azar de las que se desarrollaron en el borde del sustrato. Luego las puntas de las raíces se cortaron con un bisturí y se colocaron en tubos pequeños (viales) de 1.5 ml conteniendo agua destilada temperatura ambiente en el tinglado.

- Pre-tratamiento. Las puntas de las raíces colectadas luego de una hora en agua destilada fueron colocadas en una solución de colchicina al 0.5%, por dos horas a temperatura ambiente.
- Hidrolisis: es una etapa que permite que las células se separan y sea fácil su ubicación en un solo plano para facilitar su observación; por lo que las muestras fueron colocadas en una solución de HCl 1N a 60 °C, durante 25 minutos y luego sumergidas en agua bidestilada e incubadas a 37°C durante 1 hora.
- Teñido. Se procedió a teñir las raíces con aceto-orceina al 2% durante 30 minutos a 4°C. El coloreado permite que los cromosomas se diferencian de los demás organelos de la célula.
- Aplastado o Squash. Las raíces una vez coloreadas se colocaron en un portaobjeto y se añadió una gota del mismo colorante, se cubrió con el cubre objeto y se presionó dando pequeños golpes para disociar el tejido. Esto permitió que las células teñidas se encuentren en un solo plano, proceso muy importante pues determino la posición correcta para el fácil contaje de los cromosomas y evito errores.
- Observación. Las muestras se observaron a través de un microscopio electrónico Olympus CX22 LED entre 400x-1000x (con aceite de inmersión). Se contaron los cromosomas para luego corroborar con las fotografías tomadas a nivel de cada muestra.

3.2.10. Registro de datos

Los datos se registraron a través de fotografías.

3.3. SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE *Capsicum chinense* Jacq. EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE

Respecto al Objetivo 3, esta se realizó en las campañas agrícolas 2015-2016 y 2016-2017, llevándose a cabo entre los sectores de La Campiña de Supe, La Campiña Río Seco y Supe Pueblo, entre altitudes de 48 a 69 msnm y con coordenadas geográficas Latitud sur: (10° 47' 34.67'' a 10° 48' 42.75) y Longitud Oeste: 77° 41' 25.42'' a 77° 41' 49.44'').

Respecto a la metodología empleada, se tomó en cuenta lo siguiente:

3.3.1. Diseño de la investigación

Es un estudio no experimental, con un diseño descriptivo, observacional, evaluativo explicativo, que se realizó a través de la recolección de datos o información cualitativa y cuantitativa en un momento determinado (técnica de investigación-diagnostico).

3.3.2. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por 08 productores que cultivaron "ají Supano" en los sectores de La campiña de Supe, La Campiña Río Seco y Supe pueblo.

3.3.3. Generación de la información

Establecida la población de agricultores del "ají Supano" en las campañas 2015-2016 y 2016-2017 se aplicó encuestas estructuradas de corte transversal con preguntas correspondientes a 8 indicadores y 25 subindicadores; con la intención de medir, los tres componentes de sostenibilidad: social, ambiental y económica, previamente validada por técnicos y agricultores que conducen ajíes dentro del ámbito de la cuenca baja del río Supe.

3.3.4. Medición de la sostenibilidad del cultivo de "ají Supano"

Finalizada la base de recolección de datos, estos fueron transportados a una base de datos para su respectiva tabulación en orden de sus componentes de estudio (**Cuadro 10**).

La evaluación de la sostenibilidad se realizó a través del análisis multicriterio (Sarandon 2002) y replicado por Sarandon *et al.* (2006); Merma y Julca (2012); Márquez y Julca (2015); Meza y Julca (2015); Márquez *et al.* (2016); Diaz *et al.* (2017); Ayora (2017) y Pinedo *et al.* (2018).

- Construcción de indicadores: para determinar tendencias, establecer diferencias y detectar puntos críticos de la sostenibilidad económica, social y ambiental de este cultivo, se estandarizaron a una escala de 1 a 4 para cada subindicador, siendo 1 el que registró menor sostenibilidad y 4 el de mayor sostenibilidad.

Cuadro 10. Tabulación de los componentes de la sostenibilidad del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe

Dimensión	Indicadores y sub indicadores Económicos	Escala del subindicador
Económico	A. Rentabilidad del cultivo	
	a.1 Área que conduce de ají Supano	4= > 1.0 has, 3= 0.5 a 1 has 2= 0.1 a 0.4 has 1=< 0.1 has
	a.2 Susceptibilidad a plagas y enfermedades (<i>Prodiplosis longifila</i>)	4= 0% susceptibilidad, 3= 25% susceptibilidad 2= 50 % susceptibilidad 1=100 % susceptibilidad
	a.3 Rendimiento por/ha	4= > 15000 Kg, 3= 12000 a 15000 kg 2= 8000 a 11999 1=< 8000 kg
	B. Ingresos	
	b.1 Ingreso mensual por ají Supano/ha	4= > S/. 2000/ ha, 3= S/. 1000 a 2000/ ha. 2= S/. 500 a 999/ ha. 1=< S/. 500/ ha
	b.2 Fuente de ingreso mensual por otros cultivos	4= > S/. 2000/ ha, 3= S/. 1000 a 2000/ ha. 2= S/. 500 a 999/ ha. 1=< S/. 500/ ha
	b.3 Ingreso mensual por otras actividades	4= > S/. 2000/ ha, 3= S/. 1000 a 2000/ ha. 2= S/. 500 a 999/ ha. 1=< S/. 500/ ha
	C. Riesgo económico	
	c.1 Diversificación de las ventas	4= 03 productos (procesado, seco, fresco, otros), 3= 03 productos (procesado, seco y fresco) 2= 02 productos (seco y fresco) 1= 01 producto (fresco)
	c.2 Comercialización	4= 03 mercados (internacional, nacional, local) 3= 02 mercados(nacional, local) 2= 01 mercado (Local) 1= 0 mercado (chacra)
	c.3 Dependencia de insumos externos	4= 25% externo , 3= 50% externo 2= 75% externo 1=100% externo
	c.4 Rentabilidad del cultivo de ají Supano de la inversión	4= 100% inversión , 3= 75% inversión 2= 50% inversión 1=25% externo
	Social	A. Acceso a servicios
a. 1 Acceso a servicios básicos		4= > 03 servicios (luz agua, desagüe, carretera) 3= (luz agua, desagüe) 2= (luz, agua) 1= (luz o agua)
a.2 Acceso a la educación		4= > 03 servicios (universitario, secundario, primaria ,inicial) 3= 03 servicios (secundario, primaria, inicial) 2= 02 servicios (secundario, primaria) 1= 01 servicio (primaria)
a.3 Acceso a la salud		4= Privado 3= ESSALUD 2= SIS(Sistema integrado de salud) 1= ninguno
a.4 Acceso de transporte a la parcela		4= 100% acceso a movilidad, 3= 50% acceso a movilidad 2= 25% acceso a movilidad 1=0% acceso a movilidad
a.5 Acceso a tenencia de la tierra		4= Propio y alquilado 3= propio 2= alquilado 1= otro
B. Aceptabilidad del sistema agrícola		
b.1 Aceptación del sistema agrícola del ají Supano	4= 100% acepta , 3= 75% acepta 2= 50% acepta 1=25% e acepta	
Ambiental Ambiental	A. Conservación de la biodiversidad	
	a.1 Rotación con otros cultivos	4= Tres veces por año 3= Dos veces por año 2= 1 vez al año 1= No rota cultivo
	a.2 Diversificación de los cultivos	4= más de 3 cultivos) , 3= tres cultivos 2= dos cultivos 1=un cultivo
	a.3 Uso de semillas propias	4= propias , 3= familiares 2= vecinos 1=otras fuentes
	B. Conservación del recurso hídrico	
b. 1 Tecnificación del riego	4= 100% tecnificado , 3= 50% tecnificado 2= 25% tecnificado 1=0% tecnificado	

Continua

b. 2 Frecuencia de riego	4= una vez al mes 3= Dos veces al mes 2= tres veces al mes 1= cuatro veces por mes (semanal)
C. Conservación del sistema agrícola	
c.1 Uso de insumos externos	4= Ninguno 3= 01 insumo (abonos orgánicos) 2= dos insumos (abonos orgánicos, plaguicidas) 1= tres insumos (abonos orgánicos, plaguicidas, otros)
c.2 Uso de materia orgánica	4= Todas la campaña incorpora 3= Cada dos campañas 2= Cada tres campañas 1= No incorpora materia orgánica
C3. Uso de otra medida de control de plagas	4= cuatro medidas (cultural, etológico, biológico, químico) 3= tres medidas (cultural, etológico, químico) 2= dos medidas (cultural, químico) 1= una medida (químico)
C.4 Manejo del suelo	4= Labranza cero e incorporación de residuos 3= Labranza de suelo una vez cada dos años 2= Labranza de suelo una vez por año 1= Labranza de suelo dos veces al año

- Estandarización y ponderación de los indicadores. Posteriormente los subindicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable que influya en la sostenibilidad. Esto permitió realizar fórmulas matemáticas que determinaron la sostenibilidad final por cada dimensión (**Cuadro 11**).

Cuadro 11. Fórmulas matemáticas que se utilizaron para determinar la sostenibilidad por dimensiones de análisis del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe.

Dimensión de la sostenibilidad	Fórmula matemática con sus subindicadores
Sostenibilidad económica (IK)	$IK = \frac{(2a_1+a_2+2a_3)+(2b_1+b_2+b_3)+(c_1+2c_2+c_3+2c_4)}{3}$
Sostenibilidad Social (ISC)	$ISC = \frac{(a_1+a_2+a_3+a_4+2a_5)+(b_1)}{2}$
Sostenibilidad Ambiental (IE)	$IE = \frac{(a_1+a_2+2a_3)+(b_1+b_2)+(c_1+c_2+c_3+c_4)}{3}$
Sostenibilidad general (IGen)	$IGen = \frac{(IK + ISC + IE)}{3}$

Finalmente se realizó la estratificación de la sostenibilidad categorizando al sistema del cultivo de “ají Supano” en función a valores obtenidos de sostenibilidad: menos sostenibles (≤ 2) y los sostenibles (≥ 2).

Para determinar la sostenibilidad general (SGen), se dividió la sostenibilidad de las tres dimensiones entre tres. Para el resultado final de sostenibilidad se tuvo en cuenta que los resultados finales de las tres dimensiones tengan valores mayores a 2.0. (Sarandon 2002).

3.3.5. Análisis y presentación de resultados

Los resultados hallados serán representados y analizados a través de gráficos tipo radial (araña).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENCIA DE *Capsicum Chinense* Jacq. “AJÍ SUPANO” EN LA CUENCA BAJA DEL RIO SUPE, BARRANCA

En el distrito de Supe, ubicado a 186 km al norte de la capital del Perú, a una altitud promedio de 58 msnm y entre las coordenadas geográficas latitud (S 10° 47' 34.67"- S 10° 48' 42.75") y longitud (O 77° 41' 25.42" -O 77° 42' 48.30") se encontró a ocho agricultores que siembran el “ají Supano”, con áreas en promedio que comprendieron en las dos campañas de 256 m². Los sectores corresponden a Supe Pueblo, La Campiña Río Seco y la Campiña de Supe; de allí que los lugareños, los comerciantes y la población de Barranca lo identifican también como el “ají campañero” o el “arnaicho campañero” (Cuadro 12).

Cuadro 12. Ubicación geográfica y áreas de siembra de los agricultores que conservan el “ají Supano”. Campañas 2015 – 2016/2016-2017

Agricultor	Edad (Años)	Sector	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Campaña (2015-2016) m ²	Campaña (2016-2017) m ²
Changa Cerna Martín	40	La campiña	S 10° 48' 24.56"	O 77° 41' 47.71"	69		200
Dávila Bueno Alejandro (*)	88	La Campiña	S 10° 48' 32.36"	O 77° 41' 49.44"	51	300	300
Dávila Bueno Aquiles (*)	80	La Campiña	S 10° 48' 42.75"	O 77° 41' 25.42"	52	100	100
Fernández Dávila Pedro	55	La Campiña	S 10° 48' 38.72"	O 77° 41' 55.58"	48	400	
Fung Bustamante Percy	58	La Campiña	S 10° 48' 33.36"	O 77° 41' 51.08"	62		300
Lara Enríquez Alfredo (*)	55	La Campiña-Río Seco	S 10° 48' 1.20"	O 77° 41' 35.15"	58	500	300
Quispe Villareal Raúl (*)	84	Supe Pueblo	S 10° 47' 34.67"	O 77° 42' 48.30"	68	150	150
Rueda Medina Ricardo	65	La Campiña-Río Seco	S 10° 48' 13.52"	O 77° 41' 28.78"	58	270	

(*)Agricultores que sembraron por dos campañas seguidas y según el estudio resguardan el material genético “*in situ*”

De los ocho agricultores que interactuaban con el cultivo, Raúl Quispe Villarreal, Alejandro Dávila Bueno, Aquiles Dávila Bueno y Alfredo Lara Enríquez sembraron consecutivamente, por lo que se les reporta como agricultores guardianes del germoplasma *in situ* según el sistema de conservación referido por FAO (2008), García *et al.* (2007), Latournerie *et al.* (2002), mencionados por Borges *et al.* (2010). Ellos trabajaron con semillas propias procedentes de la campaña anterior, previa selección y maduración en planta. La edad promedio de estos agricultores fue de 77 años.

Los sectores donde se presencié el “ají Supano” (**Figuras 2 y 3**) pertenece a una zona de vida de desierto pre montano, clima semi- cálido (promedio 24.3 °C en verano y 16.5 °C en invierno), donde las precipitaciones son muy escasas (promedio 25 mm anuales), con suelos del tipo aluvial profundos a superficiales, de textura media a moderadamente gruesa y grado de fertilidad bajo ONER (1972), mencionado por Flores (2006); condiciones de clima y suelos que permiten el desarrollo óptimo de los cultivos de ajíes (Ríos 2017).



Figura 2. Distribución geográfica según Google Earth de las áreas cultivadas con “ají Supano” 2015 – 2016.

La producción agrícola del “ají Supano” es una actividad económica de pequeños agricultores, con siembras en ecosistemas asociados con el “ají escabeche” (*Capsicum baccatum* var. *Pendulum*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), y maíz chala (*Zea mays* L.). Las siembras inician en Julio a través de almácigos en las mismas parcelas y dos meses después se trasplantan en áreas adyacentes. Su manejo es convencional, con riegos por gravedad y uso frecuente de fertilizantes y plaguicidas, similar a lo que indica Apega *et al.* (2009), Jäger (2013) y Ríos (2017).



Figura 3. Distribución geográfica según Google Earth de las áreas cultivadas con “ají Supano” 2016 – 2017

Este cultivo, como otras especies de ajíes sembradas en los valles de la provincia de Barranca, son muy susceptibles al ataque de una plaga conocida por los agricultores como “cecidonia”, “caracha” o “prodiplosis”, cuyo nombre científico es *Prodiplosis longifila* Gadne (Diptera: Cecidomyiidae) (Ugaz y Mendoza 2012; Fernández 2016; Martel 2017) que para su control requiere numerosas aplicaciones de insecticidas y que en ocasiones mencionan los agricultores han abandonado el cultivo al no poder controlarla.

Las primeras cosechas son a partir del mes de noviembre y esta puede durar hasta cinco meses, que corresponden a los meses de abril y mayo del siguiente año, obteniendo rendimientos en el rango de 0.3 a 2.0 kg planta; similar a los ajíes nativos de la especie *C. chinense* hallado por Rojas *et al.* (2016). El “ají Supano” así como en otros ajíes, el crecimiento del fruto presenta tres fases; una logarítmica, una lineal y una de senescencia (Bautista 2017). En la fase logarítmica donde el tamaño aumenta de forma exponencial a través del tiempo el color es morado. En la fase lineal donde el aumento del tamaño es continuo a una velocidad constante el color se torna blanco amarillento, y en la fase de senescencia donde la velocidad es decreciente del crecimiento a medida que el fruto alcanza la madurez el fruto se torna anaranjado, para luego ser rojo al comienzo de la senectud. Su demanda en la comercialización es cuando el fruto presenta la coloración morada a crema, donde presenta mayor aroma, tal característica lo ratifican (Melgarejo *et al.* 2004; Ugaz y Mendoza 2012).

El “ají Supano” se reporta en la provincia de Barranca desde 1963, donde se cultivaba en huertos familiares para autoconsumo. Por los años 1980, se empieza a cultivar en pequeñas parcelas con la intencionalidad de mercadeo y donde la distribución de semillas y almácigos ha sido de agricultor a agricultor por familiaridad o vecindad y que a la fecha continúa esa modalidad (comunicación personal del agricultor Raúl Quispe Villarreal). Esto es similar a la propagación de los ajíes nativos, que realizan otros pequeños agricultores en el país, con la finalidad de conservar las semillas (INIA 2007).

El “ají Supano” está presente en la culinaria local y regional en los platos típicos como el ceviche y el pato en ají (Jäger *et al.* 2013), por lo que la demanda es continua durante todo el año, pero su abastecimiento es limitado en determinados meses del año, donde los precios se elevan.

4.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, MOLECULAR Y NIVEL DE PLOIDIA DEL “AJI SUPANO”

Los datos recogidos de la caracterización morfológica para cada una de los cuatro ecotipos en estudio donde se evaluó 45 descriptores cualitativos y 25 descriptores cuantitativos se manifestaron de la siguiente manera:

4.2.1. A nivel de plántula

En el **Cuadro 13** se detalla las cinco características cualitativas acompañadas del código del descriptor a nivel de plántula de los cuatro ecotipos del “ají Supano”; color y pubescencia del hipocotilo: morado (3) e intermedia (5), así como el color y la forma de la hoja cotiledonal verde (2) y lanceolada (3), mostrándose similares en los cuatro ecotipos evaluados (**Figura 4**).

Referente a las características cuantitativas, la longitud de la hoja en los morfotipos evaluados se halló intervalos entre 16.2 a 17.1 mm la mayor longitud de hoja se presentó en el morfotipo1 correspondiente al agricultor Alejandro Dávila Bueno y el valor mínimo correspondió al morfotipo 3 al agricultor Alfredo Lara Enríquez.



Color de hipocotilo
Morado (3)



Pubescencia de hipocotilo
Intermedia (5)



Color de la hoja cotiledonal
Verde (2)



Color del tallo antes del trasplante
Verde con rayas purpuras (2)

Figura 4. Características cualitativas a nivel de plántula del “ají Supano”

Cuadro 13. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de plántula del “Ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Color del hipocótilo	Pubescencia del hipocótilo	Color de hoja cotiledonal	Forma de hoja cotiledonal	Longitud de hoja cotiledonal (mm)	Ancho de hoja cotiledonal (mm)	Color de tallo (antes del trasplante)
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Morado(3)	Intermedia(5)	Verde(2)	Lanceolada(3)	17.1	5.6	Verde con rayas purpuras(2)
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Morado(3)	Intermedia(5)	Verde(2)	Lanceolada(3)	16.7	5.9	Verde con rayas purpuras(2)
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Morado(3)	Intermedia(5)	Verde(2)	Lanceolada(3)	16.2	5.4	Verde con rayas purpuras(2)
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Morado(3)	Intermedia(5)	Verde(2)	Lanceolada(3)	16.4	5.7	Verde con rayas purpuras(2)
Máximo						17.1	5.9	
Mínimo						16.2	5.4	
Media						16.60	5.65	
Desv.Est						0.39	0.21	
Variancia						0.15	0.04	
Coef.Var. (%)						0.924	0.767	

El ancho de las hojas, a nivel de plántula, se manifestaron entre el intervalo de 5.4 a 5.9 mm. El valor máximo se presentó en el ecotipo perteneciente al agricultor Aquiles Dávila Bueno.

El coeficiente de variación en ambas características manifestó valores menores del 1%, considerándose como una población homogénea. Estas son posibles a la procedencia y a las condiciones ambientales homogéneas en la cual fueron evaluadas.

4.2.2. A nivel de planta

En el **Cuadro 14**, se detalla las características cualitativas y cuantitativas a nivel de planta de la siguiente manera:

- Ciclo de vida. Los ecotipos evaluados mostraron un ciclo de vida anual (1), por lo que los agricultores del valle de Supe, todos los años preparan almácigos para sus siembras. En el género *Capsicum* a todas las especies se la clasifican como anuales (Melgarejo *et al.* 2004).
- Antocianina a nivel del nudo (toda la planta). Se manifestó en los cuatro ecotipos evaluados de color morado claro (3), similar determinada en especies de *C. chinense* de accesiones de Viru y Tumbes (Corozo 2012). Muñoz (2016), indica que esta característica presenta variabilidad en *C. chinense*, siendo esta de color morado en 12.5% en los ecotipos evaluados, la diferencia es de color verde (**Figura 5**).



Figura 5. Características cualitativas del tallo del “ají Supano”

Cuadro 14. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de planta del “Ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Ciclo de vida	Antocianina del nudo(toda la planta)	Forma del tallo	Pubescencia del tallo	Hábito de crecimiento
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Anual(1)	Morado claro(3)	Cilíndrico(1)	Intermedia (5)	Intermedia (compacta)(5)
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Anual(1)	Morado claro(3)	Cilíndrico(1)	Intermedia (5)	Intermedia (compacta)(5)
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Anual(1)	Morado claro(3)	Cilíndrico(1)	Intermedia (5)	Intermedia (compacta)(5)
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Anual(1)	Morado claro(3)	Cilíndrico(1)	Intermedia (5)	Intermedia (compacta)(5)

- Forma del tallo. Cuando la planta estuvo madura la forma del tallo fue de forma cilíndrica (1) en los cuatro ecotipos evaluados, característica similar hallada (Corozo 2012).
- Pubescencia del tallo. Se manifestó de forma intermedia la pubescencia en los ecotipos evaluados, característica similar hallada (Corozo 2012).
- Altura de planta (cm). En los *C. chinense*, esta característica presenta variabilidad (Muñoz 2016), varía de 40 a 75 cm (Long-Solís citada por Santos 2014) y de 88.8 a 197.6 cm (Rojas *et al.* 2016). Para la época donde se sembró y para las condiciones de suelos del fundo Los Anitos, se hallaron alturas de plantas que variaron entre los intervalos 69.5 a 72.4 teniendo intervalo corto, el valor más alto se presentó en el ecotipo del agricultor Alfredo Lara Enríquez y el de menor valor al ecotipo del agricultor Alejandro Dávila Bueno. Se calificó al “ají Supano” como plantas de porte medio según lo menciona Espinoza (2017) para los *C. chinense* (limos). Estadísticamente su coeficiente de variación fue de 3%, concluyéndose que hay una escasa diferencia en este carácter, lo cual se debió a las condiciones similares del manejo agronómico, suelo y clima.
- Hábito de crecimiento. De acuerdo al descriptor el hábito de crecimiento se calificó como intermedia (compacta) (5) en los cuatro ecotipos evaluados, con poca ramificación, lo que permitió su conducción a dimensiones 1.0 m (surcos) y 0.5 m (plantas). En los *C. chinense* se presentan tres tipos, es así que Muñoz (2016) encontró un 25% del tipo intermedio y un 37.5% se presentaron postrados y erectos. Los ajíes nativos del Perú de *C. chinense*, evaluados en INIA Huaral presentaron en un 27% de hábito de crecimiento compacto.
- Ancho de planta (cm). Se manifestó en los ecotipos evaluados en un intervalo de 49.6 a 62.3 cm. Este parámetro hallado permite recomendar los distanciamientos adecuados entre plantas. Estadísticamente hallamos un 4% de C.V. (coeficiente de variación), lo que también tipificó poblaciones homogéneas.
- Longitud del tallo (cm). Se manifestó corto el cual se mide hasta la primera bifurcación y esta varió entre el intervalo de 4.7 a 6.5 cm en los ecotipos evaluados, los cuales en campo es poco visible. El C.V. fue de 12%, lo cual los identifica a los cuatro ecotipos como poblaciones muy similares.

- Diámetro de tallo (cm). Los ecotipos del “ají Supano” evaluados después de la primera cosecha, se manifestaron de tallos delgados con valores que van en el intervalo de 1.19 a 1.49 cm.
- Macollamiento. También se manifestó de forma intermedia (5) en todos los ecotipos evaluados. Esta característica con tallos debajo de bifurcación del tallo trae el habitat del insecto *Prodidiplosis* donde encuentra refugio para los adultos en el día. En otros, el *C. chinense* se manifiesta de forma densa en un 50% (Muñoz 2016) (**Figura 6**).



Figura 6. Características cualitativas a nivel de planta del “ají Supano”

- Densidad de ramificación. Fue intermedia (5) en todos ecotipos evaluados, pero en los *C. chinense* se pueden manifestarse en forma densa y escasa. En los *C. chinense* evaluados por Muñoz (2016) se manifestó un 75% en como denso y solamente un 12.5 como intermedia (**Figura 7**).

4.2.3. A nivel de hoja

El **Cuadro 15** y **Figura 8** resume las características que caracterizan al “ají Supano”. Asimismo, el **Cuadro 16** muestra los resultados de la caracterización morfológica a nivel de la hoja.

Cuadro 15. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de planta del “Ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Densidad de ramificación	Macollamiento	Densidad de hojas	Altura de planta (cm)	Ancho de la planta (cm)	Longitud del tallo (cm)	Diámetro de tallo (cm)
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Intermedia(5)	Intermedia(5)	Intermedia(5)	69.5	43	5.7	1.43
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Intermedia(5)	Intermedia(5)	Intermedia(5)	72.1	40	4.9	1.39
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Intermedia(5)	Intermedia(5)	Intermedia(5)	72.4	42.2	6.5	1.34
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Intermedia(5)	Intermedia(5)	Intermedia(5)	72.3	41.9	4.7	1.19
Máximo					72.4	43	6.5	1.43
Mínimo					69.5	40	4.7	1.19
Media					71.58	41.78	5.45	1.34
Desv.Est					1.39	1.27	0.82	0.11
Variancia					1.93	1.62	0.68	0.01
Coef.Var.(%)					2.695	3.868	12.416	0.824

Cuadro 16. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de la hoja del “ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Color de hojas	Forma de hojas	Margen de la lámina foliar	Pubescencia de la hoja	Longitud de la hoja madura (cm)	Ancho de la hoja madura (cm)
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Verde(3)	Oval(2)	Entera(1)	Escasa(3)	11.5	5.35
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Verde(3)	Oval(2)	Entera(1)	Escasa(3)	11.4	5.11
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Verde(3)	Oval(2)	Entera(1)	Escasa(3)	11.3	4.52
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Verde(3)	Oval(2)	Entera(1)	Escasa(3)	9.53	4.47
Máximo						11.5	5.35
Mínimo						9.53	4.47
Media						10.93	4.86
Desv.Est						0.94	0.44
Variancia						0.88	0.19
Coef.Var.(%)						8.058	3.909



Figura 7. Características cualitativas de la hoja del “ají Supano”

- Color de la hoja. Después de la primera cosecha se observó de color verde (3) en todos los ecotipos evaluados.
- Forma de hoja. Se manifestó de forma oval (2) en los ecotipos evaluados. La literatura menciona que en los *C. chinense* se pueden presentar hojas de forma oval, deltoide o lanceolada (Santos 2014).
- Margen de la lámina foliar, es entera (1) en los ecotipos evaluados.
- Pubescencia de la hoja, su presencia es escasa (3) en las hojas maduras más jóvenes.
- Las características de color, forma y pubescencia de las hojas, son resultados similares a las accesiones de Virú y Tumbes de *C. chinense* (Corozo 2012) (**Figura 8**).
- Longitud de la hoja (cm), determinada después de la primera cosecha se observó en el intervalo de 9.53 a 11.5 cm en los ecotipos evaluados, con C.V. del 8%.
- Ancho de la hoja (cm), se manifestó en el intervalo de 4.47 a 5.35 en los ecotipos evaluados, con un C.V. del 3%.

Las dimensiones de las hojas se asemejan a los hallado por Corozo (2012), en cambio se discrepa (Gonzales *et al.* 2011), donde manifiesta rangos superiores e indica que los *C. chinense* presentan el margen ondulado siendo característica distintiva de esta especie.



Figura 8. Características cualitativas de la flor del “ají Supano”

4.2.4. A nivel de la flor (antes de la apertura de la flor)

- Días a la floración. Se manifestó este parámetro cuando el 50% de la población se encontró con flores abiertas y esto fue a los 85 días después del trasplante, en los cuatro ecotipos evaluados. Se considera precoces (61-84 días) con respecto a los días a floración (días de la siembra o trasplante hasta que el 50% de las plantas mostraban floración), intermedias (85- 108 días) y tardías (109-132 días). Por lo que se podría considerar al “ají Supano” una planta de tipo intermedia. Palacios y García (2008) mencionan que las accesiones de *C. baccatum* son más tardías y que las de *C. frutescens* e más precoces.
- Numero de flores por axila. En los ecotipos evaluados de “ají Supano” se presencié el número de flores por axila de uno, dos y tres; los datos obtenidos en los cuatro ecotipos tuvieron un intervalo entre 1.9 a 2.1. Los *C. chinense* se caracterizan por poseer flores de dos a tres por axila (Espinoza 2017; Muñoz 2016) (Figura 9).
- Posición de la flor, en los ecotipos evaluados se presencié en un 100% la posición de las flores fue intermedia (3), similar hallada por Corozo (2012). En los materiales con mayor grado de domesticación los frutos tienden a ser péndulos, mientras que los materiales silvestres presentan la posición del fruto erecta (Pickergill mencionada por Martin y Gonzales 1991). *C. chinense* exhibió posición intermedia correspondiendo a la descripción (Hunziker 1969; Heiser 1976; Casali y Couto, 1984 citado por Melgarejo 2004) (Figura 9).

- Color de la corola. Se manifestó de un color amarillo verdoso (4) en el 100% de los ecotipos evaluados, característica de los *C. chinense* como el ají panca y de los limos (Espinoza 2017), y otros autores que coinciden con el color amarillo verdoso o blanco verdoso (Santos 2014; (Muñoz 2016) (**Figura 9**).



Figura 9. Características cualitativas de la flor del “ají Supano”

- Color de la mancha de la corola. No se presenciaron manchas en la corola, por lo que el descriptor calificó como otro (6). Esta es una característica de los *C. baccatum* de color amarillo verdoso en la base de los lóbulos (IBPGR citada por Martín y Gonzales 1991; Melgarejo 2004).
- Forma de la corola. En los individuos evaluados de los cuatro ecotipos la forma de corola fue redonda (1), similar al hallado por Corozo (2012); aunque Muñoz (2016) encontró en un 75% de forma acampanulada en los *C. chinense* evaluados (Figura 9).

El Cuadro 17 muestra los resultados de la caracterización morfológica a nivel de la flor del “ají Supano”.

Cuadro 17. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de la flor del “ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Días a la floración	Número de flores por axila	Posición de la flor	Color de la corola	Color de la mancha de la corola	Forma de la corola	Longitud de la corola	Color de las anteras
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	85	2	Intermedia(3)	Amarillo verdoso(4)	Ausente(6)	Redonda(1)	0.99	Morado(5)
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	85	1.9	Intermedia(3)	Amarillo verdoso(4)	Ausente(6)	Redonda(1)	1.26	Morado(5)
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	85	2.1	Intermedia(3)	Amarillo verdoso(4)	Ausente(6)	Redonda(1)	0.93	Morado(5)
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	85	2.1	Intermedia(3)	Amarillo verdoso(4)	Ausente(6)	Redonda(1)	1.19	Morado(5)
Máximo		85	2.1					1.26	
Mínimo		85	1.9					0.93	
Media		85.00	2.03					1.09	
Desv.Est		0.00	0.10					0.16	
Variación		0.00	0.01					0.02	
Coef.Var.(%)		0.000	0.453					2.272	

Continúa...

Ecotipo	Nombre del agricultor	Longitud de la antera (mm)	Color del filamento	Longitud del filamento (mm)	Excerción del estigma	Esterilidad masculina	Pigmentación del cáliz	Margen del cáliz	Constricción anular del cáliz
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	2.03	Morado claro(5)	1.95	Al mismo nivel(5)	No(0)	Ausente(0)	Dentado(3)	Presente(1)
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	1.98	Morado claro(5)	2.19	Al mismo nivel(5)	No(0)	Ausente(0)	Dentado(3)	Presente(1)
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	1.99	Morado claro(5)	2.07	Al mismo nivel(5)	No(0)	Ausente(0)	Dentado(3)	Presente(1)
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	1.45	Morado claro(5)	3.13	Al mismo nivel(5)	No(0)	Ausente(0)	Dentado(3)	Presente(1)
	Máximo	2.03		3.13					
	Mínimo	1.45		1.95					
	Media	1.86		2.34					
	Desv.Est	0.28		0.54					
	Variancia	0.08		0.29					
	Coef.Var.(%)	4.085		12.441					

- Color de las anteras. Se halló el color morado (5) en los cuatro ecotipos evaluados. Característica similar mencionada para los *C. chinense* por Alcorcés (2001) citado por Santos (2014) y Muñoz (2016) que coinciden con lo registrado en este trabajo. Por otra parte, anteras azules (Corozo 2012) o púrpura se asociaron con corolas amarillo verdozo, color típico de las flores de *C. chinense* o *C. frutescens* (IBPGR 1983) mencionado por Martin y Gonzales (1991) (Figura 9 y 10).
- Longitud de la antera. Este parámetro en los ecotipos vario entre el intervalo de 1.45 a 2.03 mm, con un C.V. del 4%, siendo homogéneas.
- Color del filamento. En los ecotipos evaluados el filamento de las anteras se mostró de color morado claro (5). Corozo (2012) manifiesta de color azul para los *C. chinense* de Virú y Tumbes. En otros *Chinense* se presentan de color blanco como lo manifiesta (Muñoz, 2016) en el 50% (**Figura 10**).



Figura 10. Características cualitativas de la flor del “ají Supano”

- Longitud del filamento (mm). Esta varió en el intervalo de 1.95 a 3.13 mm, correspondiendo el valor mínimo al ecotipo del agricultor Alejandro Dávila Bueno y el de mayor valor al ecotipo del agricultor Raúl Quispe Villarreal. El C.V. fue del 12% por lo que se puede mencionar que manifestaron poblaciones homogéneas.
- Excerción del estigma. Todos los ecotipos evaluados presentaron la excerción del estigma al mismo nivel (5). El ají es autógamo pero ocasionalmente ocurren cruces debido al viento o a los insectos y el mayor porcentaje de polinización cruzada ocurre en flores cuyos estigmas son más altos que el nivel de los estambres (IBPGR

mencionado por Martin y Gonzales 1991). De acuerdo a análisis de Pardey (2007) citado por Muñoz (2016), esta característica no indica problemas de autopolinización y explica como en especies de frutos grandes el estigma a nivel o inserto presenta indicios de domesticación (**Figura 11**).



Figura 11. Excepción del estigma en la flor del “ají Supano”

- Esterilidad masculina. Los ecotipos de los agricultores evaluado no presentaron esterilidad masculina.
- Pigmentación de cáliz. El cáliz se mostró sin pigmentación alguna en los ecotipos evaluados.
- Margen del cáliz. Se manifestó de forma liso en los ecotipos evaluados, característica asociada a plantas de la especie *C. chinense* (Long-Salís citada por Martin y Gonzáles 1991).
- Constricción anular del cáliz. Se manifestó presente (1) en todos los ecotipos evaluados y es una característica distintiva de la especie *C. chinense* (Corozo 2012; Espinoza 2017) y que es utilizada para distinguir a *C. chinense* de *C. frutescens* en la cual está ausente (IBPGR citada por Martin y Gonzales 1991), coincide con los datos encontrados por Palacios (2007), Pardey (2006), Duran (2004) citado por Muñoz (2016) (**Figura 12**).



Figura 12. Característica relevante del “ají Supano”, para identificarlo como *C. chinense*

4.2.5. A nivel de fruto

- Días a la fructificación. Este dato el descriptor indica que debe ser evaluados en el 50% de las plantas que tengan frutos entre la primera y segunda bifurcación, manifestándose esta a los 105 días, después del trasplante en los ecotipos evaluados. Por lo que se le puede calificar al “ají Supano” como un ecotipo intermedio ya que (Martin y Gonzales 1991) observaron para los días a la primera cosecha en unas introducciones de ajíes de 76 a 96 días (precozes), de 97 a 117 días (intermedias) y de 118 a 138 días (tardías). Este parámetro se manifiesta de forma tardía en *C. annuum* y más precoz en *C. frutescens* (Palacios y García 2008).
- Manchas o rayas antocianínicas. Se observó presente (1) las manchas antocianínicas en los ecotipos evaluados antes de la madurez del fruto (**Figura 13**).



Figura 13. Característica del “ají Supano”, en fruto inmaduro

- Color del fruto en el estado intermedio. El color hallado es el anaranjado (4), similar hallado por (Muñoz, 2016) en el 75% de los ecotipos evaluados y se manifiesta en algunas accesiones de *C. chinense* procedentes de Virú y Tumbes (Corozo 2012), (Figura 14).



Figura 14. Color del fruto antes de la madurez del “ají Supano”

- Cuajado del fruto, se manifestó de forma alto (7) en los cuatro ecotipos evaluados, mientras las plantas no son atacadas por *P. longifila*.
- Periodo de fructificación, fue determinado desde el cuajado hasta el término de formación del fruto se determinó entre el intervalo de 21.7 a 23.7 días.
- Color de fruto en estado maduro, se manifestó el color rojo (8) en todos los ecotipos evaluados, similar hallado por Corozo (2012), Muñoz (2016), Rojas *et al.* (2016). Los *Capsicum* sp. registran nueve tonalidades de color de fruto; en las especies *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, el color predominante fue el color rojo (Melgarejo 2004) (Figura 15).



Figura 15. Fruto maduro del “ají Supano”

- Forma del fruto. Los frutos se manifestaron de forma triangular (3), tanto para la de fruto inmaduro y maduro, similar hallados en accesiones de *C. chinense* de Tumbes (Corozo 2012). Los *Capsicum* presentan una gran variabilidad (Smith y Heiser 1951), quienes sostienen que dichas características son de poco valor taxonómico debido a la variación que existe dentro de la misma especie (Martin y Gonzales 1991) y similar apreciados en los ajíes nativos evaluados en INIA Huaral (Rojas 2016).
- Longitud del fruto (cm). El resultado de la medición de 10 frutos de cada ecotipo resulto entre el intervalo de 3.67 como valor mínimo fue manifestado en el ecotipo perteneciente al agricultor Alejandro Bueno Dávila y 4.07 como valor máximo correspondió al ecotipo del agricultor Aquiles Dávila Bueno. Al “ají Supano” se le puede considerar de frutos pequeños, esta característica es considerada como una de las características que más influye en el rendimiento (Achal *et al.* 1986), mencionada por Martin y Gonzales (1991).
- Ancho del fruto (cm). Se manifestó en el intervalo de 1.87 a 1.99 en los frutos de los ecotipos evaluados. La característica “ancho del fruto” investigada entre otras por Achal *et al.* (1986), resultó ser de alta capacidad heredable, por lo que recomiendan la selección de materiales tomando en cuenta el diámetro del fruto (Martin y Gonzales 1991).

- Peso del fruto (g). Se manifestó entre el intervalo de 3.05 a 4.14 en los ecotipos evaluados.
- Longitud del pedicelo del fruto (cm). Se halló entre el intervalo 1.57 a 1.75 en los ecotipos evaluados.
- Espesor de la pared del fruto (mm). Varió entre el intervalo de 1.72 a 1.89, característica menor a 2 mm, que permite tener frutos pocos carnosos. mostraron frutos de pulpa gruesa, característica de importancia en frutos de chile jalapeño, o cuando los frutos se destinan a la confección de salsas (**Figura 16**).



Figura 16. Espesor del fruto maduro del “ají Supano”

- Forma del fruto en la unión del pedicelo. Los ecotipos evaluados el 100 manifestó la forma truncada (3), similar hallado por Muñoz (2016) en el 75% de *C. chinense* evaluados.
- Cuello en la base del fruto. No se manifestó presente (1) el cuello en la base del fruto, al igual a otros estudios realizados de caracterización morfológica en *C. chinense* (Muñoz 2016).
- Forma del ápice del fruto. El ápice se manifestó de forma puntiaguda (1) en los ecotipos evaluados de los cuatro agricultores.
- Apéndice en el fruto. Es ausente (0) el vestigio de la floración por lo que los frutos no presentan apéndice en el fruto.

A continuación, en el **Cuadro 18** se muestra los resultados de la caracterización.

Cuadro 18. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de fruto del “ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Días a la fructificación	Manchas o rayas antocianinicas en fruto inmaduro	Color del fruto en estado intermedio	Cuajado del fruto	Periodo de fructificación	Color del fruto en estado maduro	Forma del fruto	Longitud del fruto (cm)
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	105	Presente(1)	Anaranjado(4)	Alto(7)	21.7	Rojo(8)	Triangular(3)	3.81
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	105	Presente(1)	Anaranjado(4)	Alto(7)	22.7	Rojo(8)	Triangular(3)	3.97
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	105	Presente(1)	Anaranjado(4)	Alto(7)	23.7	Rojo(8)	Triangular(3)	3.86
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	105	Presente(1)	Anaranjado(4)	Alto(7)	21.6	Rojo(8)	Triangular(3)	3.6
Máximo		105				23.7			3.97
Mínimo		105				21.6			3.6
Media		105				22.43			3.81
Desv.Est		0.00				0.98			0.16
Variancia		0.00				0.97			0.02
Coef.Var.(%)		0.000				0.043			0.006

Continúa.....

Ecotipo	Nombre del agricultor	Ancho del fruto (cm)	Peso del fruto (g)	Longitud del pedicelo del fruto (cm)	Espesor de la pared del fruto (mm)	Forma del fruto en la unión con el pedicelo	Cuello en la base del fruto	Forma del ápice del fruto	Apéndice en el fruto
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	1.99	3.85	1.75	1.72	Truncado(3)	Ausente(0)	Puntiagudo(1)	Ausente(0)
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	1.93	4.14	1.57	1.83	Truncado(3)	Ausente(0)	Puntiagudo(1)	Ausente(0)
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	1.95	3.86	1.61	1.84	Truncado(3)	Ausente(0)	Puntiagudo(1)	Ausente(0)
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	1.87	3.78	1.66	1.89	Truncado(3)	Ausente(0)	Puntiagudo(1)	Ausente(0)
Máximo		1.99	4.14	1.75	1.89				
Mínimo		1.87	3.78	1.57	1.72				
Media		1.94	3.91	1.65	1.82				
Desv.Est		0.05	0.16	0.08	0.07				
Variancia		0.00	0.03	0.01	0.01				
Coef.Var.(%)		0.129	0.647	0.366	0.282				

- Arrugamiento transversal del fruto. Esta característica se presentó en forma ligera (3) en los frutos evaluados en los ecotipos.
- Numero de lóculos. Se presentó en un número de tres en todos los frutos evaluados de los ecotipos, figura 17.
- Tipo de epidermis del fruto, la epidermis se manifestó lisa (1) en los ecotipos evaluados.

De acuerdo a las características determinadas referente al fruto en este estudio, debemos puntualizar que el típico ají “arnaicho” del norte chico del departamento de Lima que menciona (Apega *et al.* 2009, García 2011), difiere en los descriptores de forma del fruto y de color cuando es fruto maduro. El “ají Supano” se le describe al fruto de forma triangular, tamaño que varía en la longitud y ancho promedio de 3.81 y 1.94 cm y peso promedio de 3,91. Asimismo, en el proceso de formación, crecimiento y maduración pasa por los típicos cuatro colores: morado al inicio (cuajado) y hasta la mitad de formación del fruto, blanco-crema en crecimiento, anaranjado (termino de crecimiento de fruto) y rojo a la maduración. Datos que permitirán tipificarlo más adelante en la región y en el país.

- Persistencia del pedicelo del fruto maduro en el fruto. Se presentó de forma persistente, lo cual lleva el fruto el pedicelo al mercado. Esta característica es importante en la agroindustria, se requiere que estos se cosechen sin pedúnculo, por lo que es importante que estos se desprendan fácilmente a la hora de la cosecha (Martin y Gonzales 1991).
- Persistencia del pedicelo del fruto maduro en el tallo. También se manifestó persistente, ya que en la cosecha hay que realizar un pequeño esfuerzo para retirar el fruto del tallo.
- Longitud de la placenta (cm). Se halló un intervalo corto que va de 2.23 a 2.43, y manifestándose su presencia más de la mitad del fruto.

A continuación, se muestra el **Cuadro 19** con los resultados de la caracterización morfológica a nivel de semilla.

Cuadro 19. Resultados de la caracterización morfológica a nivel de semilla del “ají Supano”

Ecotipo	Nombre del agricultor	Arrugamiento transversal del fruto	Numero de lóculos	Tipo de epidermis del fruto	Persistencia del pedicelo del fruto maduro en el fruto	Persistencia del pedicelo del fruto maduro en el tallo	Longitud de la placenta (cm)
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Levemente corrugado	Tres	Lisa	Persistente	Persistente	2.23
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Levemente corrugado	Tres	Lisa	Persistente	Persistente	2.43
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Levemente corrugado	Tres	Lisa	Persistente	Persistente	2.33
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Levemente corrugado	Tres	Lisa	Persistente	Persistente	2.24
Máximo							2.43
Mínimo							2.23
Media							2.31
Desv.Est							0.09
Variancia							0.01
Coef.Var.(%)							0.377

Continúa.....

Ecotipo	Nombre del agricultor	Color de la semilla	Superficie de la semilla	Tamaño de la semilla	Diámetro de la semilla (mm)	Peso de 100 semillas (g)	Número de semillas por fruto
Ecotipo 1	Dávila Bueno Alejandro	Amarillo oscuro(1)	Lisa(1)	Intermedia(5)	3.34	11.45	55
Ecotipo 2	Dávila Bueno Aquiles	Amarillo oscuro(1)	Lisa(1)	Intermedia(5)	3.55	11.22	85.6
Ecotipo 3	Lara Enríquez Alfredo	Amarillo oscuro(1)	Lisa(1)	Intermedia(5)	3.6	11.21	65.9
Ecotipo 4	Quispe Villareal Raúl	Amarillo oscuro(1)	Lisa(1)	Intermedia(5)	3.51	11.53	66.2
Máximo					3.6	11.53	85.6
Mínimo					3.34	11.21	55
Media					3.50	11.35	68.18
Desv.Est					0.11	0.16	12.73
Variancia					0.01	0.03	162.10
Coef.Var.(%)					0.364	0.232	2.378

4.2.6. A nivel de la semilla

- Color de la semilla. Lo ecotipos evaluados presentaron el color de la semilla de color amarillo pajizo, al igual que otras especies de *Capsicums* que predomina el color amarillo en su tonalidad normal y clara, exceptuando la especie *C. pubescens* que presenta el color negro (Melgarejo *et al.* 2004).
- Superficie de la semilla. La superficie de la semilla se manifestó en el 100% de los individuos evaluados de forma lisa
- Tamaño de la semilla. Fueron de tamaño intermedia.
- Diámetro de la semilla. Se manifestaron en un intervalo de 3.34 a 3.60 mm, dato muy próximo (3.92 mm) a lo hallados por (Días *et al.* 2012)
- Peso de 100 semillas (g). Esta característica se evaluó en fruto fresco y varió entre el intervalo de 11.21 a 11.53 gr, dato divergente a lo encontrado (6.57 g) a lo hallados por (Días *et al.* 2012).
- Numero de semillas por fruto. Se manifestó entre el intervalo de 60 a 70 semillas por fruto. Para ciertos usos industriales del chile, la presencia de muchas semillas por fruto constituye una característica poco deseable, ya que afecta negativamente la calidad del producto final.

4.2.7. De la caracterización morfológica de los ecotipos evaluados del “ají Supano”

Las especies de *Capsicums* comparten características comunes, pero algunas tienen sus propias características que destacan: *C. baccatum* por la mancha en la corola, *C. chinense* por la constricción anular del cáliz, *C. frutescens* por la posición erecta de la fruta y *C. annuum* la posición de pendiente de la fruta (Pardey *et al.* 2006; Villota *et al.* 2012), de acuerdo a esto el “ají Supano” presenta esa característica relevante de **“la constricción anular del cáliz”** por lo que se puede distinguir de otras especies de *Capsicums* sembradas dentro la cuenca baja del río Supe, así como en el ámbito de los valles de la provincia de Barranca.

En la variabilidad en el género *Capsicum*, existe características que no pueden ser modificadas por el medio ambiente y son altamente heredables, que pueden ser fácilmente evaluados a simple vista (IPGRI 1995; Martínez *et al.* 2010), los cuales por estudios previos

han sido determinados (Pardey *et al.* citado por Villota *et al.* 2012; Palacios y García 2008; Castañón *et al.* 2010; Corozo 2012; Zevallos 2017) las cuales son: primero las características del fruto, seguida por la arquitectura de la planta y estructura de flores y número de flores por axila; por lo que en el estudio hemos considerado estas características para tipificar al “ají Supano” y son las siguientes: la forma del fruto: triangular; forma del ápice del fruto: puntiagudo; tipo de epidermis del fruto: liso; color del fruto en estado maduro: rojo; hábito de crecimiento: intermedio(compacta); color de la corola: amarillo verdoso; posición de la flor: intermedia, exserción del estigma: mismo nivel; constricción anular del cáliz: presente; número de flores por axila de 2.

La similitud morfológica cualitativa de los ecotipos evaluados era de esperarse, debido a que las semillas procedieron de agricultores con parentesco próximo (hermanos y sobrinos) o de vecinos y de áreas muy próximas de La campiña de Supe, Supe Pueblo y El pedregal de La Campiña; asimismo, estas semillas sembradas año tras año en ambientes con características de suelo y clima similares; por lo que en el presente estudio no muestra variabilidad fenotípica en los cuatro ecotipos evaluados, por lo que se puede argumentar que el genotipo o carga genética es semejante en los ecotipos evaluados, por lo que se realizó un análisis molecular para confirmar su homogeneidad genética.

Las especies pueden variar considerablemente según las características de las hojas, flores y frutos, y estas variaciones suelen ser factores relacionados con las condiciones geográficas y climáticas en las que crecen las plantas (Petters mencionado por Dias *et al.* 2012).

Los ecotipos mostraron valores cuantitativos con datos de intervalos cortos, con coeficientes de variabilidad bajos, esto fue debido a que las parcelas de observación fueron conducidas en el mismo tipo de suelo, en el manejo agronómico y clima similar.

4.2.8. De la caracterización molecular del “Ají Supano”

En los 30 individuos evaluados procedentes de los cuatro ecotipos evaluados no se detectó polimorfismo en los 21 marcadores ISSR en el screening preliminar por lo que se optó la selección de marcadores (Primers) de mayor visibilidad de fragmentos tales SSR 22, UCB 807, UCB 810 y UCB 841. Christensen *et al.* (2007), señaló que un buen marcador molecular permite el estudio de la diversidad genética de las diferentes cultivares existentes, pero es

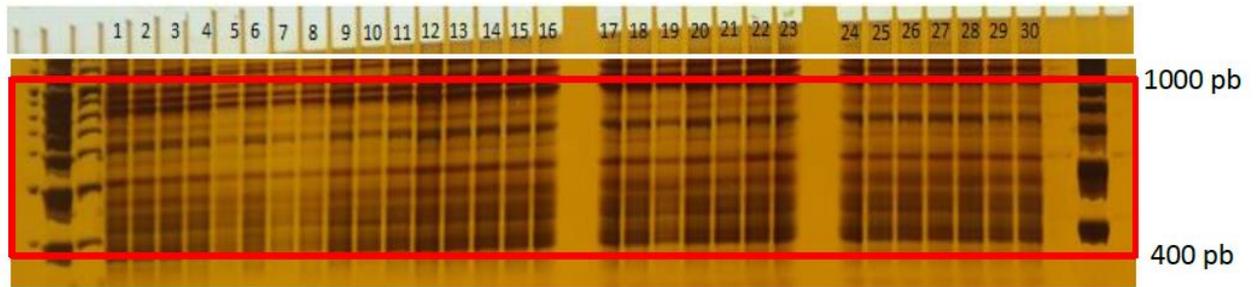
muy importante seleccionar primers que pueden ser más eficientes que otros en la determinación de la variabilidad genética de una población.

Los resultados obtenidos indican que todas las plantas de “ají Supano” colectadas de la campiña de Supe pertenecen al mismo ecotipo, debido a que se manifestó solo bandas monomórficas (**Figura 17**) con un valor mínimo de 11 (UCB 810) y máximo de 14 (USB 841) con un promedio de 12.5 por cebador. Esto generó un total de 1500 bandas (número de plantas analizadas por el número de clases de bandas con todos los Primers ISSR), siendo nula la presencia de bandas polimórficas y generando patrones monomórficos en todas las plántulas analizadas de “ají Supano”, corroborando la homogeneidad genética de los ecotipos, probablemente debido a que es una población autógama. Esto haría suponer que este ají mantiene sus características morfológicas dentro del área de estudio.

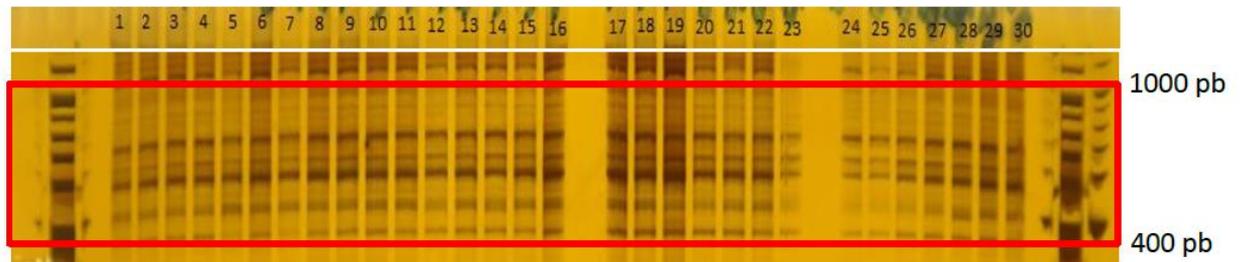
Arones (2016), cita a Sota (2012), quien menciona que la variación genética entre especies de plantas generalmente refleja diferencias en el sistema de apareamiento la cual está íntimamente relacionado con el flujo genético. Las especies autógamas muestran baja dispersión de polen entre poblaciones que permite una reducción de la diversidad genética dentro de la población. Por consiguiente, la baja variabilidad genética dentro de los ecotipos analizados pudo deberse a su sistema de apareamiento predominantemente autógamos; en estudios recientes en *C. annum* el 47% se ha encontrado de polimorfismo en accesiones evaluadas y un 89% entre las diferentes especies de *Capsicum* (Paran *et al.* 1998), por lo que hay que esperarse que la tasa de polimorfismo varía dentro y entre especies dependiendo del patrón de polinización. .

En general, la separación geográfica se considera un parámetro importante para recoger el germoplasma para el estudio de la diversidad, pero la separación geográfica no siempre predice las diferencias genéticas muy claramente (Del Rio *et al.* 2001).

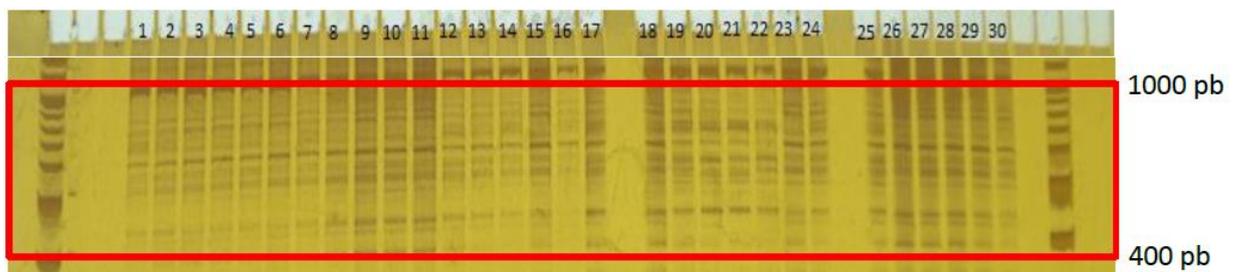
Este estudio exploratorio, provee la justificación del seguimiento de estudios posteriores para enfocar la utilidad de este recurso genético en los programas de mejoramiento del cultivo de ají a nivel local y nacional; sin embargo, hay que considerar que la autogamia es principalmente consecuencia de la domesticación y de la selección artificial (INIEA 2006).



Primers UCB 807



Primers UCB 810



Primers UCB 841

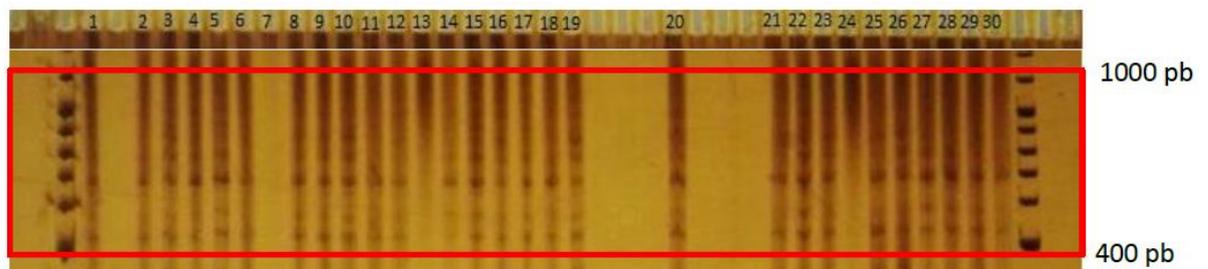


Figura 17. Corridos electroforéticos que muestran los grados monomórficos evaluados en 30 individuos provenientes de cuatro ecotipos de *Capsicum chinense* Jacq., “aji supano” de la cuenca baja del río Supe.

4.2.9. Del nivel de ploidia del “Ají Supano”

Los resultados determinados del análisis de cromosomas provenientes de la metafases somáticas evidenciaron que el número de cromosomas de las 30 muestras correspondientes a los cuatro ecotipos del “ají Supano” fueron de $x=12$, número básico como también es mostrado en muchas solanáceas (Alcorcés 2001) y de naturaleza diploide ($2n=24$); lo cual ratifica que pertenece a un *Capsicum* cultivado (Moscone *et al.* 1995; Guevara *et al.* 2000; Moscone *et al.* 2003, 2007; Pérez 2013; Souza-Macedo *et al.* 2017).

En la **Figura 18** se manifiesta la forma de los cromosomas de las metafases de los ajís 2, 5, 8 y 11 hallados en este trabajo. Esto se ratifica con el idiograma de un *C. chinense* selección 3, realizado por Alcorcés (2001), mostrado en la **Figura 19**.

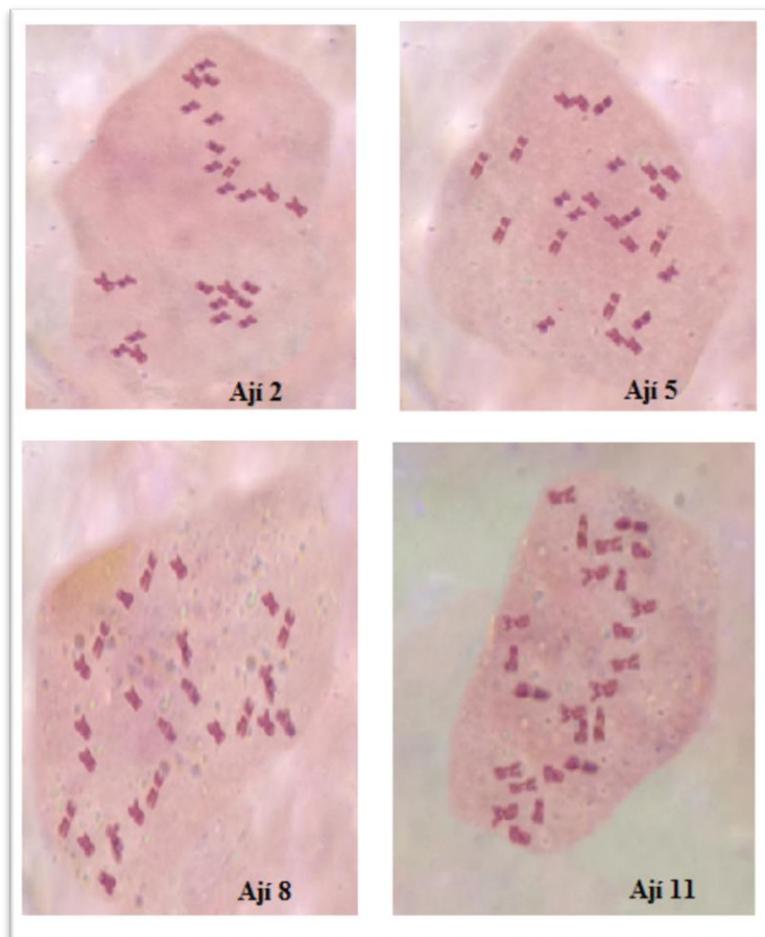


Figura 18. Metafases mitóticas del “ají Supano” (*Capsicum chinense* Jacq.) $2n=24$ del ají 2, ají 5, ají 8 y ají 11.

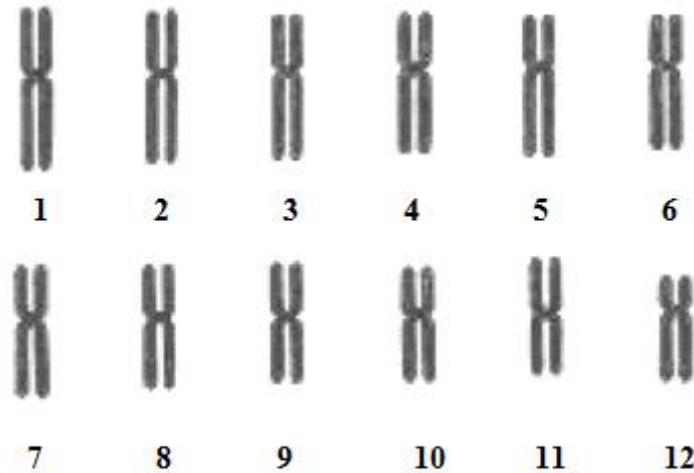


Figura 19. Idiograma de *Capsicum chinense* Jacq., $2n=24$ (Alcorcés 2001)

4.3. SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE “AJI SUPANO” *C. chinense* Jacq, EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO SUPE

4.3.5. Sostenibilidad económica

Los indicadores económicos de acuerdo a la rentabilidad del cultivo, los ingresos percibidos por los agricultores y por el riesgo económico se manifestaron través de 10 subindicadores y fueron los siguientes:

- El subindicador de área de siembra. Reflejó la presencia del “ají Supano” en parcelas de áreas iguales o menores a 500 m² en el 100% de los encuestados; esto es similar a la presencia de los ajíes nativos en el país, por ser conducidos por pequeños agricultores (Gamarra y Roque 2012). El gran impulso de nuestra gastronomía será sostenible si la pequeña agricultura, se incorpora con sus recursos genéticos, conocimientos y tradiciones (Apega *et al.* 2009), así como el gran consumidor limeño que debe diversificar su consumo de los ajíes nativos en su dieta familiar (García 2013). Los agricultores encuestados mencionaron que siembran en pequeñas parcelas debido a la venta limitada y selectiva. El área de siembra en promedio fue de 270 m², fue un indicador menor a 2.0, siendo insostenible.
- El subindicador de la susceptibilidad a plagas y enfermedades. Los agricultores de “ají Supano” tuvieron parcelas diversificadas con más de dos cultivos, pero por las condiciones climáticas de costa y de la época de siembra de primavera a verano de este ají, se presenciaron insectos y ácaros en las campañas evaluadas, tales como :

Bemisia tabaci (Gennadius) “mosca blanca”, *Spodoptera eridania* (Stoll), “gusanos ejército” *Heliothis virescens* (Fabricius) “gusano bellotero”, *Tuta absoluta* (Meyrick) “polilla del tomate” y *Tetranychus urticae* (Koch), “arañita roja”(Medina 2006; UNALM 2012; Espinoza 2017; Martel 2018), estos se encontraron en condición de plaga potencial. Pero el insecto en condición de importancia económica (plaga) es *Prodidiplosis longifila* Gadne, donde se presenció en todos los campos de los agricultores encuestados, con parámetros de densidades que superan el 70% y con una severidad del 60% de los brotes evaluados y por lo que los agricultores determinaron la susceptibilidad del 100% del cultivo para esta plaga. Referente a enfermedades; se presenció a *Phytophthora capsici* Leonian, conocida también como muerte regresiva, la cual se manifestó con mayor intensidad en parcelas donde el agricultor no maneja bien el agua de riego. La presencia de las plagas y enfermedades reportó insostenibilidad con un valor de 1.0.

- El subindicador de rendimiento por ha. Los agricultores del “ají Supano” en promedio tuvieron rendimientos de 8.25 tm/ha, siendo muy parecido a los rendimientos promedios hallados en otros ajís nativos de la especie *C. chinense*, evaluados en el INIA Huaral (Rojas *et al.* 2016). Los rendimientos de los cultivos de ajíes en el Perú, dependen de las condiciones agro productivas y el tipo de producción a pequeña o gran escala (Jager *et al.* 2013), los agricultores mencionaron que los rendimientos dependen principalmente del control de la plaga de “prodiplosis”; si se invierten más en las aplicaciones con productos caros, se logran mayores rendimientos. Es este estudio el rendimiento registra un valor de insostenibilidad, siendo 1.50.
- Subindicador de ingreso mensual por “ají Supano”. Las plantas cuando se encuentran en la fructificación dependiendo del clima a los agricultores les permitió cosechar de una a dos veces por semana, por lo que se registró ingresos promedios a S/ 714 soles mensuales, teniendo un valor de 1.63, que para este estudio es insostenible.
- Sub indicador de ingreso mensual por otros cultivos. El agricultor diversificó el “ají Supano” con otros cultivos tales como yuca, ají escabeche, maíz chala, plantas aromáticas y otros cultivos que le proporcionaron ingresos promedios a S/ 438 soles mensuales, lo cual no supera la sostenibilidad con el registro del indicador de 1.25.

- Sub indicador de ingreso por otras actividades. El agricultor del “ají Supano” además de agricultor fue comerciante, jornalero, que procesa el ají, e incluso alquila su parcela a terceros; estos ingresos fueron superiores a S/ 862.50 soles mensuales, manifestándose como sostenibles con un valor de 2.13.

Por lo consiguiente los agricultores del “ají Supano”, complementaron sus ingresos con otras actividades, los cuales le permitieron cubrir sus necesidades prioritarias; lo que se ratifica lo mencionado (Anton 2017) que la agricultura de los pequeños agricultores no es una fuente de ingresos básicos, estos diversifican sus ingresos con otros tipos de trabajo (industria, transporte, comercio, etc.); por consiguiente, son pequeños agricultores con actividad complementaria no agrícola y economía de autosubsidio (Ayora 2017).

A pesar que se halló en el indicador de ingresos percibidos, menores a la canasta básica familiar (INIE 2018), por los cultivos conducidos, nos preguntamos el ¿porqué de la siembra de este cultivo nativo por los pequeños agricultores? Los agricultores de mayor edad manifiestan que lo realizan para que este ají no desaparezca, los de edad intermedia porque este ají es requerido por la población y por lo tanto, en algún momento los precios se ponen muy altos. Pero podríamos puntualizar que para la biodiversidad es una ganancia, ya que este ají no desaparecería, por lo que lo tendríamos presente en los agroecosistemas del valle de la cuenca baja de Supe.

- Sub indicador de la diversificación de las ventas. 87.5% de los agricultores venden el ají en fresco y el 12.5% además de fresco lo procesa (deshidratado, en pasta o encurtido), esto refleja un valor de 1.38, el cual le proporciona insostenibilidad. Quizás se trate de “cambiar el chip”, como suele decirse que nuestros ajíes nativos pueden ser comercializados no solamente para consumo fresco, existe un mercado que crece, que pueden darle valor agregado. (Apega *et al.* 2009). En el Perú existe más de 200 variedades de ajíes nativos, los cuales son muy poco aprovechados en la industria (Rojas *et al.* 2016).
- Sub indicador comercialización del “ají Supano”. Este ají se comercializo de la siguiente manera: el 62.5 % de ellos vendió en los mercados locales, el 25% en la

chacra y el 12.5% vendió en dos mercados (nacional e internacional a través de ferias ecológicas en la ciudad de Lima). Hay referencias por los agricultores que los chefs famosos como Gastón Acurio son conocedores de este ají y que lo solicitan para los ceviches. Pero sería interesante que a través de ellos se pudiera llegar al gran mercado de Lima para su venta en fresco y procesado. La sostenibilidad de este subindicador se manifestó un valor de 2.0, siendo sostenible.

- Sub indicador dependencia a insumos externos. Se registró que el 100% de los agricultores, son muy dependientes de insumos externos y ninguno de ellos se provee de insumos internos o generados en los ecosistemas agrícolas, lo que les hace más vulnerable al riesgo económico. Se comprobó que hasta la materia orgánica la compran. El valor de la sostenibilidad fue de 1.0. Una propuesta de mejora sería propiciar a través de entidades gubernamentales y de la universidad técnicas de preparación de insumos y el fomento de siembra bajo cubierta o casa malla; que ofrecería un producto orgánico. Todo ello permitiría que se mas agricultores apuestan por la siembra de este cultivo.
- Subindicador rentabilidad del cultivo. Los agricultores manifestaron que la venta por kilogramo del “ají Supano” fluctuó entre S/ 3.00 a S/ 80.00 soles durante las campañas interactuadas, precios que le permitieron ingresos superiores a la inversión que realizaron; por lo que la rentabilidad del cultivo tuvo el valor de 3.50 siendo muy sostenible.
- Subindicador riesgo económico. El cultivo del ají Supano se debería articularse en el contexto de la sociedad a través de políticas gubernamentales (Esquivel 2016), con la industrialización para diversificar las ventas mediante subproductos (pastas, encurtidos, molidos, etc.) y promocionar el consumo a nivel provincial, regional, en el poblador. A nivel nacional e internacional a través de ferias y la gastronomía. El componente económico del análisis realizado en este estudio, proporcionan sostenibilidad a este cultivo en tres subindicadores de los diez evaluados, estos fueron: el de ingresos por otras actividades, la comercialización y la rentabilidad del cultivo (**Figura 20**).

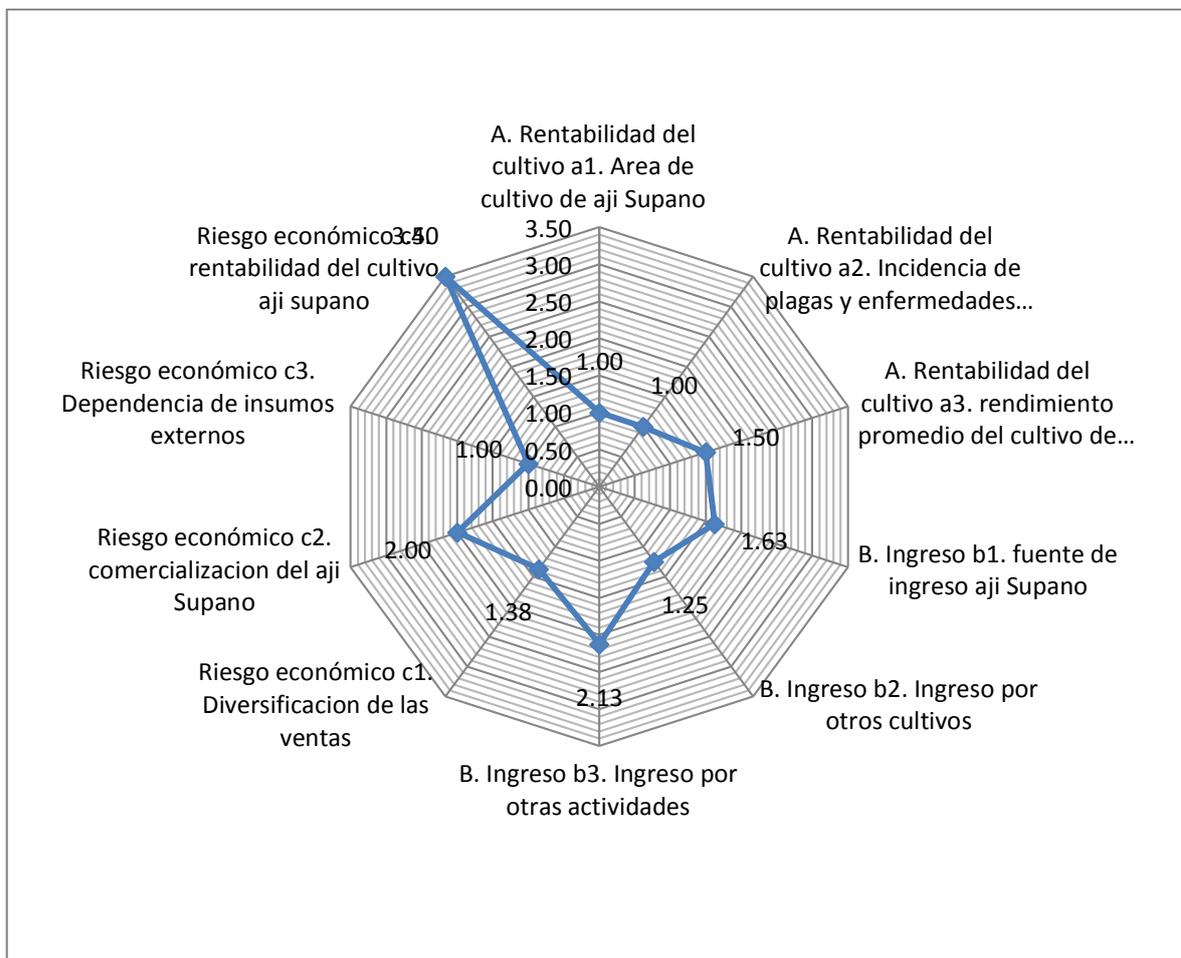


Figura 20. Representación de la sostenibilidad económica del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, donde sobresalen los subindicadores del ingreso por otras actividades y la comercialización y la rentabilidad del cultivo

Para determinar el componente de sostenibilidad económica del “ají Supano” hemos ponderado con un valor de 2.0 a los subindicadores de área de siembra, el ingreso por este ají y la diversificación de las ventas; debido a que estos indicadores influyeron en la economía del agricultor, el cual permitió y permitirá la permanencia del cultivo y con ello este recurso genético, en el ámbito de la campaña de Supe. Los resultados de la sostenibilidad económica manifestaron un valor de 1.70, para las fechas en estudio. Por lo que se tendría en consideración los subindicadores por debajo de 2.0 para remediar en el futuro con actividades de mejora a través de estudios y llevarlos a establecer de acuerdo a políticas gubernamentales como indica (Esquivel 2016).

4.3.6.Sostenibilidad socio económica

- Sub indicador acceso a servicios básicos. Los agricultores del “ají Supano” pertenecieron a dos sectores que se encuentran muy próximos al centro poblado de Supe Pueblo y que presentaron los servicios básicos (luz, agua, desagüe y carretera) en un 87.5% y un 12.5% que solo cuenta con un servicio. Esto le dio una sostenibilidad de 3.63; esto no concuerda con la mayoría de los agricultores del área rural de la cuenca baja y media del río Supe, donde sus servicios básicos están desatendidos por el estado (Ayora 2017). Este subindicador positivo permitirá en el futuro que los agricultores apuestan para diversificar sus ventas a través industrialización del “ají Supano”.
- Sub indicador acceso a la educación. En el área de influencia del estudio, existió acceso a la educación en todos los niveles; por la cercanía a Barranca. Esto fue sostenible en este estudio, con un valor de 4. Este potencial permitirá darle valor.
- Sub indicador acceso a la educación. En el área de influencia del estudio, existió acceso a la educación en todos los niveles; por estar cerca al centro poblado de Supe Pueblo y de la ciudad de Barranca. Esto fue sostenible en este estudio, con un valor de 4.0. Este potencial permitirá darle valor comercial a través de la industrialización o promoción a los mercados que los descendientes y parientes pueden acceder a través de la educación.
- Sub indicador acceso a la salud. La salud se reflejó con un 62.5% de los agricultores como asegurados del SIS (Sistema Integral de Salud) un seguro del estado, el 25% por Essalud, y un 12.5% no presentó ningún seguro, al igual que los anteriores también se manifestó sostenible con un valor de 2.13.
- Sub indicador acceso de transporte hacia la chacra. El acceso a las chacras se presentó para todo tipo de movilidad que facilitó la entrada de los insumos para la producción así como salida para los productos para su comercialización.
- Sub indicador acceso a la tenencia de la tierra. Manifestó la posición de la tierra en un 75% de los agricultores encuestados, solo el 25% trabajó en terrenos alquilados. No se reportó trabajo a medias, tampoco agricultores que arriendan chacras

adicionales a la que tienen para sembrar el “ají Supano”. Las tierras que la poseen no toda la utilizan y con frecuencia son arrendados a terceras personas y fue una fuente de ingreso por otras actividades.

- Sub indicador aceptabilidad del sistema agrícola. Puntualizar que se registró valores de sostenibilidad de 2.13. Pero la manifestación de los agricultores es variable, es así que un 62.5% están 100% satisfechos, debido a que les gusta cultivar, les es rentable. Los demás encuestados varían su satisfacción en un 50% y 25%, debido a que relacionan a la presencia del insecto *Prodiplosis longifila* Gadne., conocido por ellos como “cecidonia” “caracha” o simplemente “prodiplosis”, que afecta mucho al cultivo y que para controlarla hacen uso de productos químicos, los cuales elevan los costos de producción, así como en algunas oportunidades han abandonado los cultivos, para sembrar nuevamente, o migrar a otros lugares para sembrar y evadir la plaga.

La dimensión socio cultural, está representada en la **Figura 21**, donde todos los sub-indicadores mostraron valores superiores a 2.0. Para determinar la Sostenibilidad socio cultural los subindicadores de la tenencia de la tierra y la aceptabilidad del sistema agrícola, se le ponderó por 2.0, dando como resultado el valor de 3.17, lo cual fue sostenible y con estas condiciones de acceso a servicios permitiría darle valor agregado al producto a través de la industrialización.

4.3.7.Sostenibilidad ambiental

- Subindicador de rotación de cultivos. Los agricultores por experiencia argumentaron que es mejor sembrar el “ají Supano” en áreas de cultivos anteriores como maíz y yuca debido a que el cultivo se establece y se desarrolla mejor. En la información recibida, el 100% de los agricultores rotaron sus cultivos, siendo esta medida cultural beneficiosa para la conservación de la biodiversidad y para la sostenibilidad ambiental, se registró con un valor de 3.0.

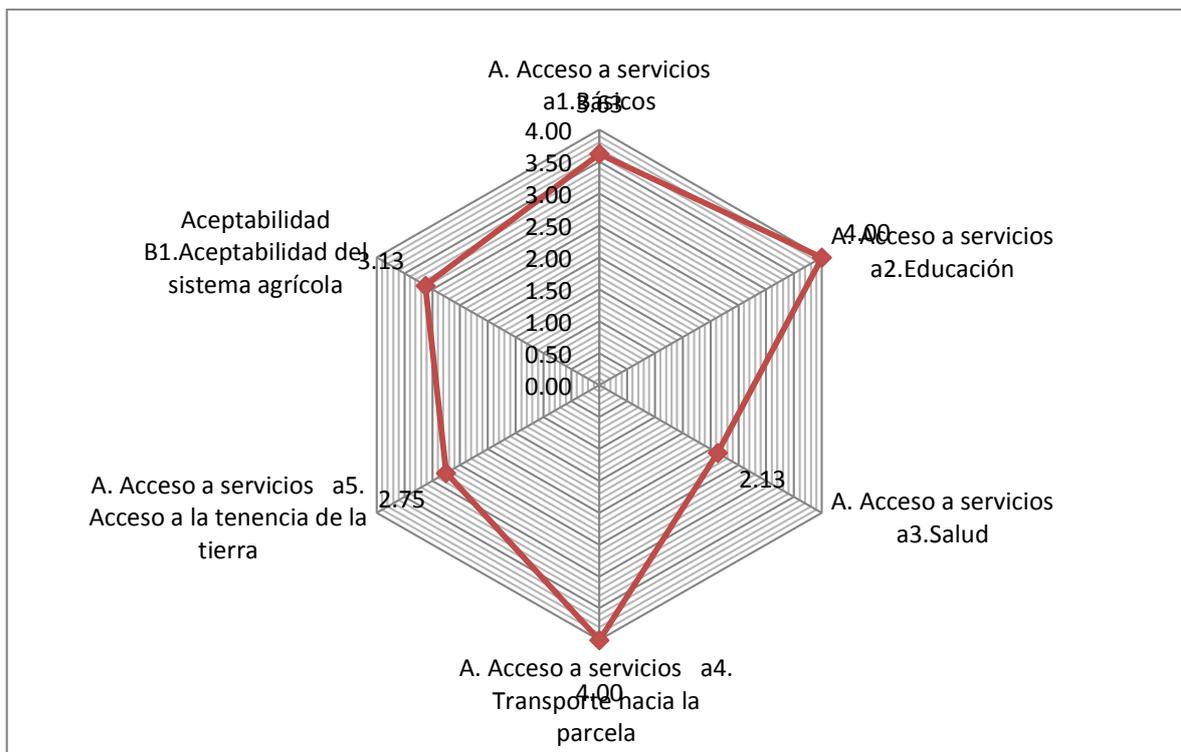


Figura 21. Representación de la Sostenibilidad socio cultural de los agricultores que cultivan el “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, donde manifiesta los subindicadores sostenibles

- Subindicador de diversificación de los cultivos. Como manifestaron y también se presencié, los agricultores diversificaron sus cultivos, con parcelas de maíz, ají escabeche, hierbas aromáticas, yuca entre otros cultivos hortícolas (Slow Food 2017); esto hace que los ecosistemas de “ají Supano” sean saludables ambientalmente, por tener especies genéticamente diversas y que es posible contribuya a una mayor resistencia a situaciones adversas (FAO 2018c) este indicador se manifestó sostenible con un valor de 3.13.
- Subindicador de uso de semillas propias. Por ser un ají propio del lugar, el 50% de los agricultores utilizaron semillas propias, el 37.5% lo consiguen a través de sus familiares y un 12.5% por sus vecinos. En este estudio este indicador es bastante sostenible con un valor de 3.13, lo que permitió que las biodiversidades de los ajíes nativos están resguardadas por estos agricultores; material genético sin mezcla, con ausencia de semillas de otros lugares. Esto es similar al manejo de semillas que hacen otros productores de ajíes nativos (Sarandon 2015). Los agricultores son los guardianes y los principales usuarios de esta biodiversidad (FAO 2018c), por lo que

a través de ellos se conserva este recurso, tal como se menciona la presencia de *Capsicum* en restos arqueológicos prehispánicos en el valle de Supe (Brack mencionado por Regalado 2013). Por lo que es de necesidad continua conservar, intercambiar y transferir germoplasma sano para la sostenibilidad de la agricultura y el mantenimiento de un agro ecosistema dinámico (FAO 2008). Los subindicadores de la conservación de la biodiversidad en este estudio fortalecieron la sostenibilidad ambiental porque registraron valores superiores a 2.0.

La conservación del recurso agua los subindicadores, manifestaron:

- Subindicador de tecnificación del riego. El río Supe es uno de los 53 ríos de la costa que desembocan sus aguas al mar, y este río es de régimen irregular; pero la cuenca baja del río Supe se riega a través del agua proveniente del río Pativilca, esto hace que los agricultores no tengan deficiencia del recurso hídrico, por ello los agricultores no optan por tecnificar el riego en sus parcelas, no hay necesidad. El 100% de los agricultores no registraron riego tecnificado, dando en el estudio la insostenibilidad con un valor de 1.0.
- Subindicador de frecuencia de riego. Manifestaron que el “ají Supano” en la mayor parte del proceso productivo demandaron de riegos semanales especialmente cuando el cultivo entró en fructificación, esto hace que sea insostenible también con un valor de 1.0.

Los resultados de los indicadores de la conservación del recurso agua es preocupante, lo cual hace que el cultivo se insostenible en lo ambiental.

La conservación del sistema agrícola: los subindicadores, se manifestaron de siguiente manera:

- Subindicador del uso de insumos externos. Los agricultores para el proceso productivo utilizaron más de tres insumos externos: materia orgánica, fertilizantes químicos y los plaguicidas, los cuales fueron adquiridos, por lo que las parcelas no fueron autogestionarias y esto desmedró la sostenibilidad ambiental del cultivo del ají Supano registrándose un valor de 1, que fue insostenible. La aplicación de agroquímicos elevó los costos de producción y disminuyó la rentabilidad por lo que

fue “un sistema altamente dependiente de insumos que no le da sostenibilidad en el tiempo” como lo menciona Sarandon *et al.* (2006).

- Subindicador del uso de materia orgánica. La materia orgánica estuvo presente en el cultivo del “ají Supano”, los agricultores valoran este recurso, por diversos motivos, mejor calidad del suelo, la planta responde a la producción, es más tolerante a plagas y enfermedades y en épocas de falta del recurso agua la planta responde a la sequía. Por todo ello, su uso fue frecuente en cada campaña de siembra, por lo que el valor de sostenibilidad en este subindicador fue de 4.0., dando un valor de sostenibilidad ambiental positiva.
- Subindicador del uso de otra medida de control de plagas. Como se mencionó, el “ají Supano” como en otras hortalizas que se sembraron en el valle de Supe fueron susceptibles al ataque de la “prodiplosis”, este insecto no les permitió la implementación del manejo integrado de plagas, por lo que los agricultores optaron solo el control químico, por lo que se registra el valor de 1.0, siendo también insostenible.

La sostenibilidad ambiental se manifiesta en la **Figura 22**, donde sobresalen la conservación de biodiversidad y del sistema agrícola permiten darle sostenibilidad.

4.3.8. Sostenibilidad general del cultivo de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe

Los datos obtenidos de la sostenibilidad general (IGen) en las tres dimensiones, de acuerdo a la fórmula matemática fueron de 2.30; pero según Sarandon (2002), no manifiesta sostenibilidad este cultivo, debido a que los resultados de los tres componentes deberían ser mayores a 2.0. En este estudio la dimensión económica registró (IK=1.70), por lo que se determinó que este sistema no es sostenible; esto corrobora en estudios anteriores sobre la sostenibilidad que presentan las fincas y cultivos en la región Lima (Ayora 2017; Andrade 2017; Contreras 2018). Siendo los *Capsicums* como cultivo de alta prioridad para los estudios de conservación por su importancia económica y por la pérdida en alto grado de la variabilidad natural (Alonso *et al.* 2012), se debe plantear estrategias para su sostenibilidad en el valle de Supe.

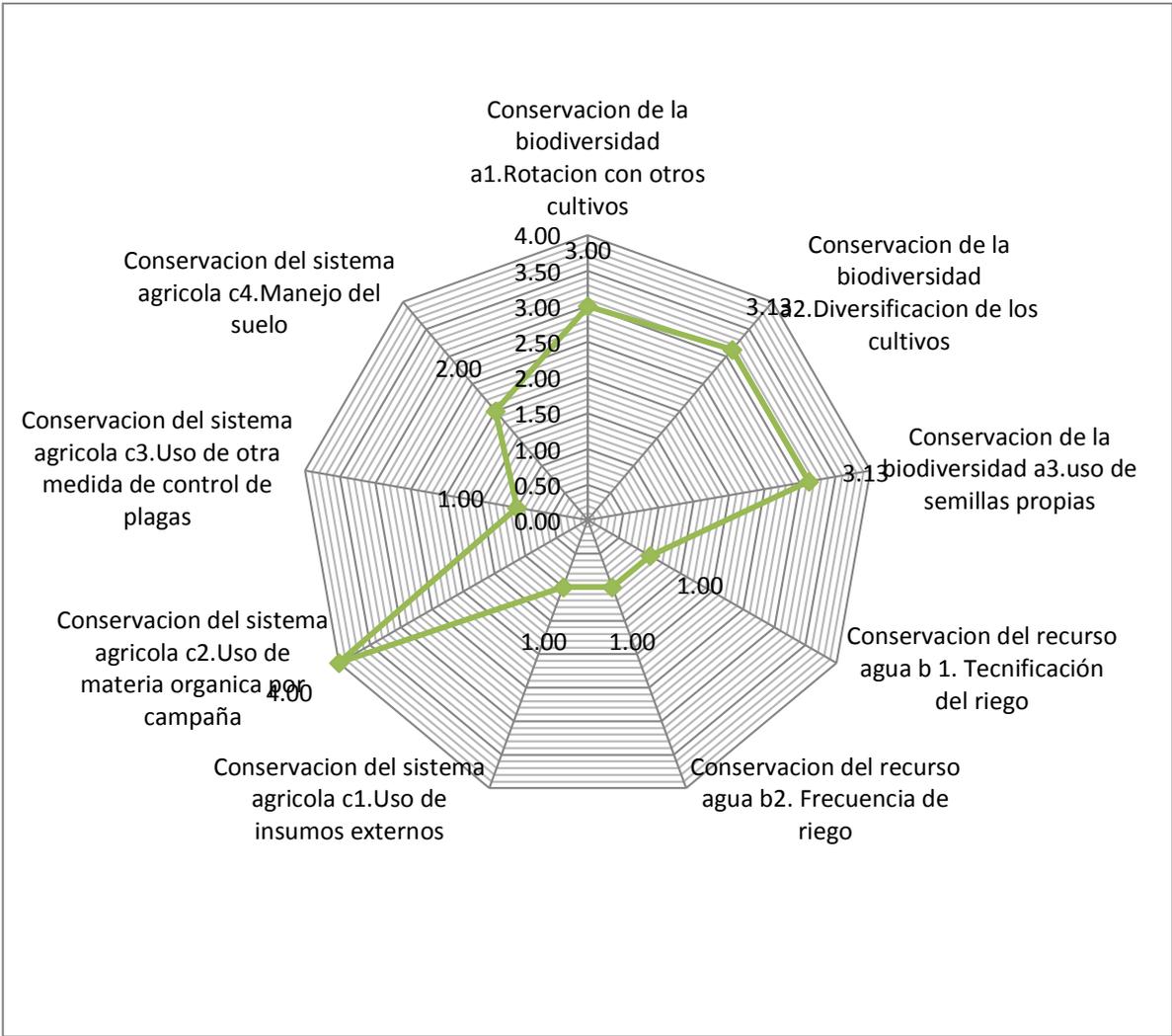


Figura 22. Representación de la sostenibilidad ambiental de los cultivos de “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, donde sobresalen los subindicadores de rotación y diversificación de los cultivos, el uso de semillas propias, el uso de materia orgánica y la conservación del suelo.

V. CONCLUSIONES

- En la campaña 2016-2017 y 2017-2018 se constata la presencia del “ají Supano” en ocho agricultores dentro de la cuenca baja del río Supe en los sectores de Supe Pueblo, La Campiña Río Seco y la Campiña de Supe; con áreas en promedio de 256 m².
- Los ecotipos evaluados de semillas procedentes de cuatro agricultores que conservan la biodiversidad del “ají Supano”, no presentan características morfológicas diferentes. Pertenece a la especie *Capsicum chinense* Jacq. y se ratifica por la característica resaltante de la constricción anular del cáliz y por otras tales : número de flores de axila de dos, color de fruto maduro rojo, forma del fruto triangular, forma del ápice del fruto puntiagudo, color de la corola amarillo verdoso, excreción del estigma al mismo nivel. Las muestras analizadas del “ají Supano” no detectaron patrones electroforéticos de ADN diferentes, lo que confirma que todos los individuos son genéticamente iguales, no existiendo variabilidad intragenotípica por lo que ratifica a la caracterización morfológica. Los meristemas radiculares de las 30 plántulas analizadas, evidenciaron que el número de cromosomas es de $2x= 24$ característica de las especies cultivadas de *Capsicums*.
- La sostenibilidad del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, en el momento del estudio no es sostenible por no contar con indicadores (>2) en sus tres componentes analizados.

VI. RECOMENDACIONES

Para considerar al “ají Supano” como un ají nativo propio de la cuenca del río Supe y para que este material genético “*en situ*” se conserve, se recomienda realizar algunas actividades como:

- Ensayos de genotipo ambiente, para ratificar la poca variabilidad fenotípica.
- Comparar con otros *C. chinense*, procedentes de otras zonas para poder definir de forma concreta que este es un ecotipo local, propio de la cuenca baja del río Supe.
- Gestionar para que el material genético (germoplasma) “*in situ*” del “ají Supano” se conserve por largo plazo en condiciones ex situ en el Banco Nacional de Germoplasma que mantiene el INIA.
- Realizar un manejo sostenible que permita su presencia y mejore las condiciones económicas de los agricultores

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcorcés, N. 2001. Estudios cromosómicos de cuatro selecciones de *Capsicum chinense* Jacq. *Revista UDO Agrícola* 1(1):34-41

Alonso, R; Zambrano, B; Quiroga, R; Rosales, M; Ponce, P. 2012. Caracterización morfológica y molecular de la variabilidad genética del timpinchile (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum* sin. *aviculare*) en Chiapas

Andrade, C. 2017. Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en Santa Rosa de Quives. Lima, Perú. *Ecología Aplicada* 16(2):135-142.

Andina. 2018. Día de los ajíes peruanos: Agencia Andina de noticias. Consultado el 20 de octubre de: <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-los-ajies-peruanos-casi-9000-familias-se-dedican-a-su-cultivo-724430.aspx>

Antón, D. 2017. Impacto de la extensión agrícola con pequeños productores de ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) En Piura, Cajamarca y Amazonas. Trabajo monográfico para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima. Perú. 54 p.

APEGA, UNALM, INIA, USM. 2009. Ajíes peruanos, sazón para el mundo. Obra colectiva de una plataforma de instituciones integrada por la Sociedad Peruana de Gastronomía, el Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, el Instituto Nacional de Innovación Agraria y el Instituto de Investigaciones en Hotelería y Turismo de la Universidad de San Martín de Porres. <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/ajiesdelPeru.pdf>

Arif, I; Bakir, M; Khan, H; Al Farhan, A; Homaidan, A; Bahkali, H; Sadoon, M; Shobrak, A. 2010. A brief review of molecular techniques to assess plant diversity. *Int. J. Mol. Sci.* 11:2079 - 2096.

Arones, A. 2016. Estudio de la variabilidad genética del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) de la región Huánuco a través de uso de marcadores moleculares ISSR. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco, Perú. 107 p.

Ayora, L. 2017. Sustentabilidad y modelamiento de fincas agrícolas en la cuenca media y baja del río Supe (Barranca-Lima). Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph. D). Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado: Lima, Perú. 203 p.

Bautista, M. 2017. Determinación del momento de cosecha de seis accesiones de ají (*Capsicum* spp.) *nativos*. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad nacional Agraria La Molina. Facultad de industrias Alimentarias. Lima, Perú 199 p.

Bermejo, R. 2018. El desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. Visitado el 14 de mayo del 2018. Disponible en: <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pd>

Bolívar, H. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. Universidad Central de Venezuela. CICAG. 8(1):1-18.

Borges, L; Cervantes, L; Ruiz, J; Soria, M; Reyes, V; Villanueva, E.2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoam* 28(1):15-29.

Brack, A. 2015. Catorce Recursos Genéticos que Cambiaron al Mundo y Uno que lo Cambiará. 1ra Edición. Grafica Biblos S.A. Lima, Perú. 229 p.

Castañon, G; Latournerie, L; Leshner, J; De la Cruz, E; Mendoza, M. 2010. Identificación de variables en colectas de chile en el estado de tabasco. *Uciencia* 26(3):225-34

Castillo, C; Quej, V; Coh, D; Carrillo, E; Monsalvo, A. 2015. Producción de planta de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agroproductividad* 8(4):74-78.

Christensen, T; Zhou, H; Barrow, J; Kuzmik, G; Tye, B. 2007. Drosophila MCM10 in heterochromatin dynamics and DNA replication. *A. Dros. Res. Conf.* 48: 139.

Clavijo, N. 2017. Cultura y conservación in situ de tubérculos andinos marginados en agroecosistemas de Boyacá: un análisis persistente desde la época prehispánica hasta el año 2016. *Cuadernos de desarrollo Rural*, 14(80): 1-19

Contreras, S. 2018. Sustentabilidad de la producción de papa en la región Lima. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae (Ph. D). Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado: Lima Perú. 98 p.

Corona, T; García, A; Castillo, F; Montero, V; Azpiroz, S. 1999. Variabilidad en el contenido de ADN nuclear en chile (*Capsicum annuum* L. y *C. chinense* Jacq.) de México. *Agricultura Técnica en México* 25(2):115-122.

Corozo, L .2012. Variabilidad genética de una colección de *Capsicum chinense* Jacq y estudio taxonómico de las especies cultivadas del genero *Capsicum*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Mejoramiento genético de plantas. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 130 p.

Del Rio, A; Bamberg, J; Huamán, Z; Salas, A; Vega, E. 2001. Association of ecogeographical variables and RAPD marker variation in wild potato populations of the USA. *Crop Sci.* 41:870–878.

Dewitt, D; Bosland, P. 1996. Peppers of the World. An Identification Guide. Ten Speed Press. U.S. 333 p.

Díaz, L; Canto, M; Alegre, J; Camarena, F; Julca, A. 2017. Sostenibilidad social de los subsistemas productivos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el Cantón Guachapala, Provincia de Azuay – Ecuador. *Ecología* 16(2): 99-104

Dias, G; Moraes, T; Zottich, U; Rabelo, G; Carvalho, A; Moulin, M, Goncaves, L; Rodrigues, R; Da Cunha, M. 2012. Characterization of *Capsicum* species using anatomical and molecular data. *Genetics and Molecular Research* 12(4):6488-6501.

Doyle; J; Doyle, L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19:11-15.

Espinoza, D. 2017. Caracterización morfológica de ajíes de la costa del Perú. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 116 p.

Esquivel, L. 2006. Responsabilidad y sostenibilidad ecológica, Ética para la vida. Tesis doctoral. Universidad autónoma de Bracelona. 321 p.

FAO. 2008. Agricultura para la biodiversidad. Roma. 46 p.

FAO. 2018a. Agricultura sostenible y biodiversidad un vínculo indisoluble. Visitado el 20 de setiembre del 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6602s.pdf>

FAO. 2018b. Biodiversidad para una agricultura sostenible. Visitado el 14 de diciembre del 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/CA2227ES/ca2227es.pdf>

FAO. 2018c. Los recursos fotogénicos en acción. Visitado el 10 de noviembre del 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/i0112s/i0112s11.pdf>

Flores, L. 2006. Estudio de las unidades residenciales en el subsector 12 de Caral, Valle de Supe-Perú. Tesis para optar el título de Licenciado en Arqueología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional mayor de San Marcos. Lima, Perú. 356 p.

Galmarini, C. 1999. El género *Capsicum* y las perspectivas del mejoramiento genético de pimiento en Argentina. *Avances en Horticultura* 4(1):24-32

Gamboa, R. 2016. Estudio Inicial y Plan Maestro del Proyecto de Playa de Las Calas. Tesis para obtener el Grado de Magíster en Gestión y Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. 97 p.

Gamarra, N; Roque, B. 2012. Avances de investigación en especies de ajíes del Perú: Evaluación morfológica y fitoquímica de especies y variedades de ajíes (*Capsicum*) nativos y domesticados de la provincia de Oxapampa, región Pasco. 1ra edición. Corporación Grafica Nova. Lima Perú. 184 p.

García, A. 2011, Descubriendo el potencial de la diversidad de los cultivos olvidados para la diferenciación de productos de alto valor y la generación de ingresos para los pobres: El caso del *Capsicum* en su centro de origen. Tesis para optar por el Grado Académico de Magister en Marketing. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Lima – Perú. 82 p.

García, J. 2013. Segmentación del mercado de ajíes nativos subutilizados mediante modelos Poisson y Probit ordenados en Lima, Perú *Agroalimentaria* 19(37):91-108

Girma, G; Tesfaye, K; Bekele, E. 2010. Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) analysis of wild and cultivated rice species from Ethiopia. *African Journal of Biotechnology* 9:5048-5059.

Guevara, M; Siles, M; Bracamonte, O. 2000. Analisis cariotipico de *Capsicum pubescens* R&P(Solanaceae) “rocoto. *Rev. Peru. Biol* 7(2):134-141

Hernández, S; Davila, P; Oyama, K. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género (*Capsicum*). *Bol. Soc. Bol. México* 64:65-84

Hernández, A. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias* 2(3):113-118.

Herrera, J. 2007. La citogenética molecular y su aplicación en el estudio de los genomas vegetales. *Agron. Colomb.* 25(1):26-35

Ibiza, V; Joaquín, J; Nuez, F. 2012. Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59(6):1077-1088.

IBPGR. 1983. Genetics Resources of *Capsicum* – A global Plan Action. International Board for Plant Genetic Resources AGPG / IBPGR /82 / 12. Rome. Italy. 49 p.

IPGRI; AVRDC; CATIE. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 51 p.

INEI. 2018. Indicadores de precios de la economía. Visitado el 14 de febrero del 2018. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1527/Libro.pdf

INIA. 2007. Los Cultivos Nativos en las Comunidades del Perú. Proyecto Perú. Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres. Promotora Lima Ediciones. Lima Perú. 102 p.

INIEA. 2006. Manual para la caracterización *in situ* para los cultivos nativos. Primera edición, Unidad de Medios y Comunicación Técnica – INIEA. Lima, Perú.

INEI. 2018. Indicadores de precios de la economía. Visitado el 11 de mayo del 2019. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1527/Libro.pdf

Jäger, M; Jiménez, A; Amaya, K. 2013, Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Perú, Compilación de los estudios realizados dentro del marco del proyecto “Rescate y Promoción de Ajíes Nativos en su Centro de Origen” para Perú. Bioersity International. Cali. Colombia. 96 p.

Iatesta, C. 2011. Caracterização Agronômica e Pungência em Pimenta (*Capsicum Chinense*). Instituto Agronômico Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical. Campinas Sao Paulo. Brasil. 36 p.

Latournerie, L; Chávez, J; Pérez, M; Castañon, G, Rodríguez, S; Arias, L; Ramírez, P. 2002. Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Rev. Fitotec. Mex. 25: 25-33.

Lengua, R. 2018. Caracterización molecular de las colecciones nacionales de ajíes *Capsicum* spp. del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) mediante marcadores moleculares. Trabajo monográfico para optar el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 43 p.

Libreros, D; Zonneveld, M; Petz, M; Meckelmann, S; Rios, L; Peña, K; Amaya, K; Ramírez, M. 2013. Catálogo de ajíes (*Capsicum* spp.) peruanos promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Perú. Bioversity Internacional. Cali Colombia. 49 p.

Kazuo, N; Watanabe, M. 1993. An alternative pretreatment method for mitotic chromosome observation in potatoes. American Potato Journal 70: 543–548.

Machado M, Ríos L. 2015. Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. IDESIA (Chile) 34(2):15-23

Márquez, F; Julca, A; Canto, M; Soplín, H; Vargas, S; Huerta, P. 2016. Sustentabilidad de la caficultura orgánica en la Convención Cuzco. Ecol. Apl. 15(2):125-132

Martel, Y. 2017. Eficiencia del Galil 300 SC (Imidacloprid 250 g/l. + Bifetrin 50 g/l.) en el control de *Prodiplosis longifila*, en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Barranca, provincia Barranca. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz-Perú. 58 p.

Martin, N; Gonzales, W. 1991. Caracterización de accesiones de chile (*Capsicum* spp). Agronomía Mesoamericana 2: 31-39

Martínez, D; Pérez, M; Rodríguez, E; Moreno, E. 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Rev. Chapingo Ser. Hortic 16(3):69-176.

McLeod, M; Guttman, S; Eshbaugh, W. 1982. Early evolution of chili peppers; (*Capsicum*). Econ. Bot. 36:361- 368

Medina, C; Lobo, M; Farley, A. 2006. Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7(2): 25-39

Medina, D. 2006. Fluctuación Poblacional de los Principales Insectos Plaga de *Capsicum annuum* var. *longum* en la Irrigación Chavimochic – Fundo San Miguel, 2005 – 2006. Tesis para optar el grado de Doctor en Medio Ambiente. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 48 p.

Melgarejo, L; Hernández, M; Alberto, J; Bardales, X. 2004. Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico. Ed. Bogotá. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi. Universidad Nacional de Colombia. 87 p.

Merma, J; Julca, A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. Ecología Aplicada 11(1):1-11.

Mestre, M. 2011. Indicadores de sostenibilidad en viñedo. Visitado el 05 de enero del 2018. Disponible en: <http://www.ub.edu/masterae/wp-content/uploads/2016/02/L13-Maria-Mestre.pdf>

Meza, R; Julca, A. 2015. Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco. Ecología Aplicada 14:55-63.

MINAN. 2016. Determinación de la distribución de la diversidad genética y estudio socioeconómico del ají. Informe final. 72 p. Visitado el 19 de marzo del 2018. Disponible en: <http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Aji1-socioeconomico-del-aji.pdf>

Moscone, E; Baranyi, M; Ebert, I; Greilhuber, J; Ehrendorfer, F; Hunziker, A. 2003. Analysis of nuclear dna content in *capsicum* (solanaceae) by flow cytometry and feulgen densitometry. Ann Bot. 92(1):21-29.

Moscone, E; Scaldaferrero, M; Gabriele, M; Cechchini, N; Sanchez, Y; Jarret, R; Daviña, J; Ducasse, A; Barboza, G; Ehrendorfer, F. 2007. The Evolution of Chili Peppers (Capsicum-Solanacea): a Cytogenetic Perspective. VI International Solanaceae Conference. Act. Hort. 745:137-170.

Mundarain, S; Coa, M; Cañizares, A. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de aji dulce (*Capsicum frutescens* L.). Revista UDO Agrícola 5(1):62-67.

Muñoz, M. 2016. Caracterización morfológica de 21 accesiones de Capsicum spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Tesis para optar el Título para Magister en ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad Ingeniería Agronómica, Departamento Ciencias Biológicas Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 89 p.

Narez, C; De la Cruz, E; Gómez, A; Márquez, C; García, P. 2014. Colecta y caracterización morfológica *in situ* de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México. Rev. Chapingo Ser. Hortic 20(3):269-281.

Navarrete, R; Soria, J; Trejo, J; Tun, R; Teran, R. 2002. Paquete tecnológico para la Producción de Chile Habanero (*Capsicum chinense* jacq)". Instituto Tecnológico Agropecuario. Conkal, Yucatan. 3 p.

Nuez, F; Gil, R; Costa, J. 1996. Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 586 p.

Ortiz, J. 2017. Rendimiento y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo fertilización química y orgánica en condiciones de invernadero. Tesis para optar el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma Agraria- Unidad Laguna, Tlaxiaco, Coahuila. Mexico.75 p.

Palacios, S. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum* spp. Tesis de grado para optar el título de Magíster en Ciencias, con énfasis en Recursos Fitogenéticos Neotropicales. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 79 p.

Palacios, S; García, M. 2008. Caracterización morfológica de 93 accesiones de *Capsicum* spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia. Acta Agronómica. 57(4):247-252.

Paran, L; Aftergoot, E; Shifriss, C. 1998. Variation in *Capsicum annum* revealed by RAPD and AFLP markers. Euphytica. 99:167-173.

Pardey, C; García, M; Vallejo, F. 2006. Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Acta agron 55(3):1-10

Pardey, C; García, M; Vallejo, F. 2009. Evaluación agronómica de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Acta Agrom (Palmira) 58(1):23-28.

Pardey, C. 2008. Caracterización y evaluación de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y determinación del modo de herencia de la resistencia a potyvirus (PEPDMV). Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento Genético Vegetal y sistemas de producción de semillas cultivos tropicales. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias agropecuarias. Colombia, Bogotá. 116 p.

Pérez, L; Castañón, G; Mayek, N.2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* sp.) De Tabasco, México. Cuadernos de biodiversidad 27:11-22.

Pérez, D. 2013. Caracterización molecular y análisis de diversidad genética en variedades de pimiento autóctonas de Galicia. Tesis para optar el Título de Master en Biotecnología avanzada. Facultad de Ciencias Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal E Ecología. Universidad da Coruña. España. 46 p.

Pinedo, R; Gómez, L; Julca, A. 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ecosist. Recur. Agropec. 5(15):399-409.

PROMPERÚ. 2016 Peppers, rocoto peppers and chilies. Peruvian Capsicum. Una publicación de la Junta de Promoción de Exportaciones y Turismo de Perú. Edición N°10. Lima – Perú. 52 p.

Quintero, L. 2000. Evaluación de la diversidad genética del género *Capsicum* sp. presente en los departamentos de Vaupes, Guainia y Putumayo por medio de isoenzimas. Acta biológica colombiana 5(1):80- 81.

Ramírez, L; Alvarado, A; Pujol, R; McHugh, A; Brenes, L. 2008. Indicadores para estimar a sostenibilidad agrícola se la Cuenca media del Río Reventado, Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense 32(2): 93-118.

Rangel, L. 2016, Crecimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferente espaciamento entre hileras en la Comarca Lagunera. Tesis de Grado de Maestro en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 84 p.

Regalado, L. 2013. El ají y las culturas alimentarias andinas. Tesis para optar el título de Licenciado en Historia. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Lima Perú. 98 p.

Ríos, M. 2017. Caracterización agromorfológica de diez selecciones de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. pendulum), bajo condiciones de La Molina. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. 78 p.

Rodrigues, W; Celis, A; Carvalho, R; Ferreira, R; Peron, A. 2015. Caracterização cariotípica de acessos de *Capsicum* sp. Acta Sci., Agron. 37(2):147-153

Rojas, R; Patel, K; Ruiz, K; Calderón, R; Asencios, E; Quispe, F; Marcelo, M. 2016. Ajies nativos peruanos. Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial.1ra. Edición. Impresores Lumiva S.R.L. Lima, Perú. 137 p.

Romero, M; Puentes, Y; Menjivar, J. 2017. Extracción de nutrientes minerales en hojas y frutos de ají (*Capsicum* sp.), y su influencia en el rendimiento. rev. colomb. cienc. hortic. 11(1)114-121.

Ruíz, R; Nava, M; Landeros, C; Díaz, G. 2016. Potencial productivo y limitantes para el cultivo del chile habanero *Capsicum chinense* Jacq. en el estado de Veracruz México. RINDERESU 1(1)01-11.

Ruiz, N; Medina, F; Martínez, M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. Ciencia (Julio-Setiembre): 70-77.

Sánchez, M. 2015, Estudio Investigativo del Ají, Análisis de sus Propiedades y Nuevas Recetas para la Cocina. Tesis Previa para la Obtención del Título de Administrador Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. 95 p.

Santos, R. 2014. Caracterización de los morfotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) presentes en seis comunidades de Quintana Roo, México. Tesis título de Licenciada en Ingeniero en sistemas de producción Agroecológicos. Morelos Quintana de Roo, México. 46 p.

Sarandón, S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 20: 393-414.

Sarandon, S; Zuluaga, M; Cieza, R; Gomez, C; Jenjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas de Misiones, Argentina, Mediante el uso de indicadores. Agroecología 1:19-28.

Sarandon, G; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Agroecología 4:19-28.

Sarandon, S; Flores, C. 2014. Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Editorial de la Universidad de la Plata. 1ra Edición. 467 p.

Sardon, E. 2015. Fortalecimiento de la cadena de valor del rocoto fresco (*Capsicum pubescens*) de la selva central para el mercado de Lima. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Agronegocios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Lima, Perú. 104 p.

Seminario, J. 2004. Origen de las Raíces Andinas (5). En: Valladolid, A, Blas R, González R. Introducción al recuento de cromosomas somáticos en raíces andinas. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003) No. 6. Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. p. 1-38.

Silvestre, L. 2016. Conservación de la diversidad genética en el Perú: desafíos en la implementación del régimen de acceso a recursos genéticos y distribución de beneficios. Rev. peru biol. 23(1):73-79.

Slow Food. 2017. El Arca del Gusto en Perú, Productos, saberes e historias del patrimonio gastronómico. Edición a cargo de Dauro Mattia Zocchi. Impreso en el Perú. Perú. 26 p.

Sociedad Peruana de Gastronomía, Programa de Hortalizas de la UNALM, INIA, USMP y PROMPERÚ. 2009. Ajíes Peruanos Sazón para el mundo. Obra colectiva de una plataforma. Equipo editorial El Comercio S.A. Lima Perú. 78 p.

Talledo, D; Escobar, C; Alleman, V. 1995. El ciclo celular en vegetales; su estudio, importancia y aplicaciones. Biotempo 2(2):13-31.

Tevfik, A. 2018. Genome-wide identification of simple sequence repeat (SSR) markers in *Capsicum chinense* Jacq. with high potential for use in pepper introgression breeding. Biología 74(2)

Tucuch-Haas, C; Alcántar-González, G; Ordaz-Chaparro, V; Santizo-Rincón, J; Larqué-Saavedra, A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $NH_4 + /NO_3 -$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana 30:9-15.

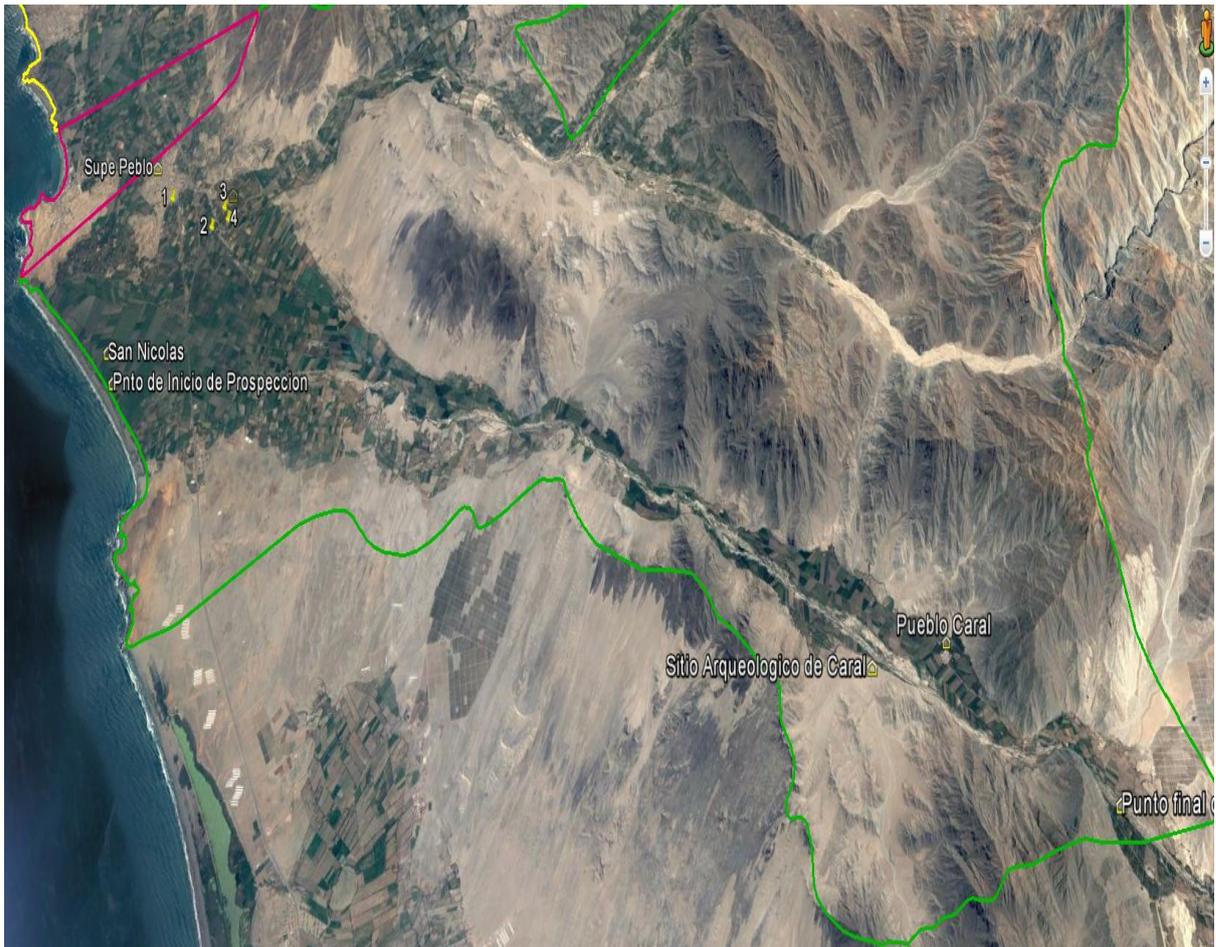
Ugás, R; Mendoza, V. 2012. El punto de Ají. Investigaciones en *Capsicum* nativos número 1 y 2. Programa de Hortalizas. UNALM, Lima, Perú. 26 p.

Villota, D; Bonilla, M; Carmen, H; Jaramillo, J; Garcia, A. 2012. Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el Banco de Germoplasma activo de Corpoica C.I. Palmira, Colombia. Acta Agronómica 61(1):16-26.

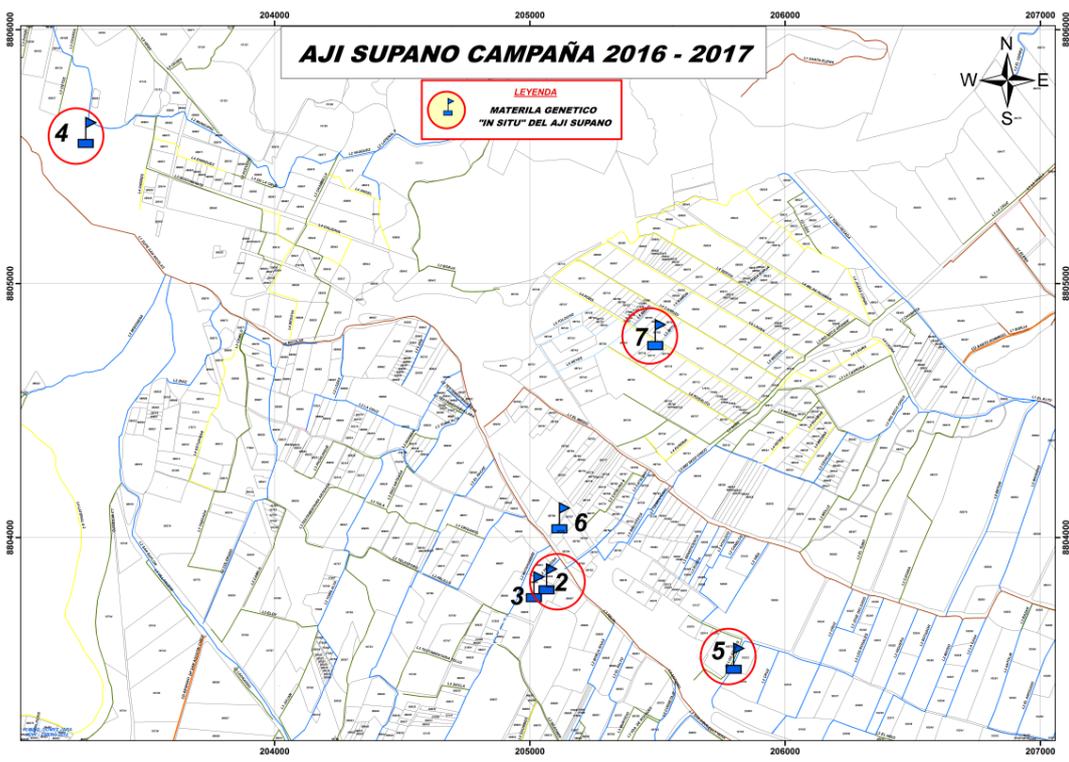
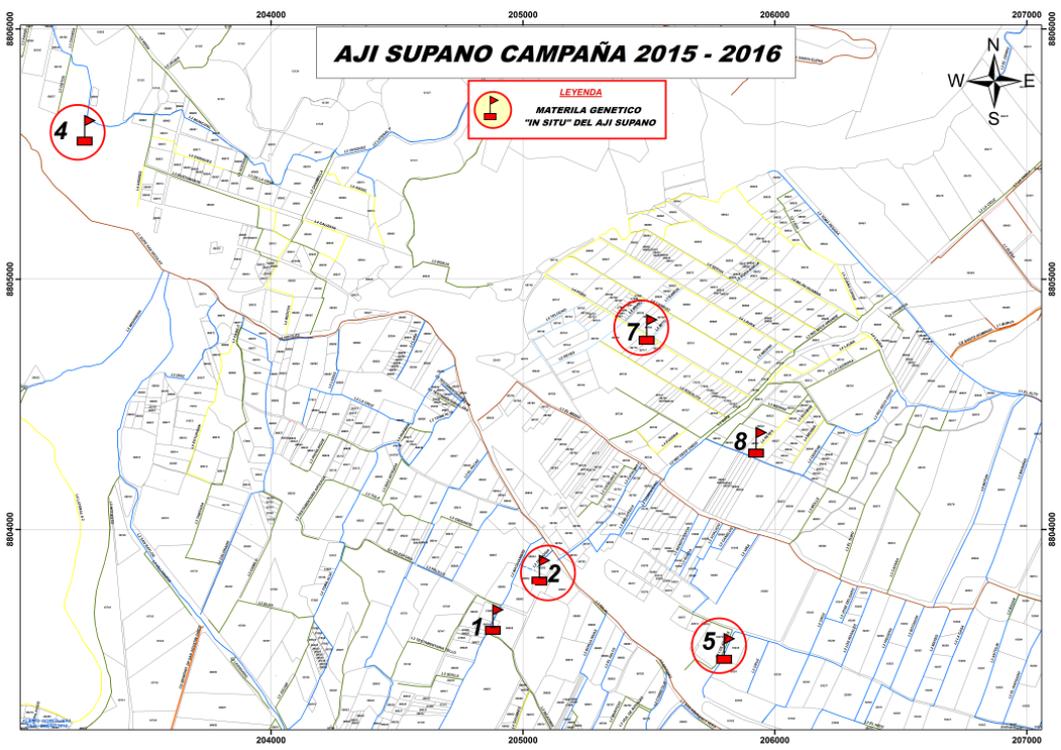
Waizel-Bucay, J; Camacho, R. 2011. El género *Capsicum* Sp. (“Chile”). Aleph Zero. 60:67-79.

VIII. ANEXOS

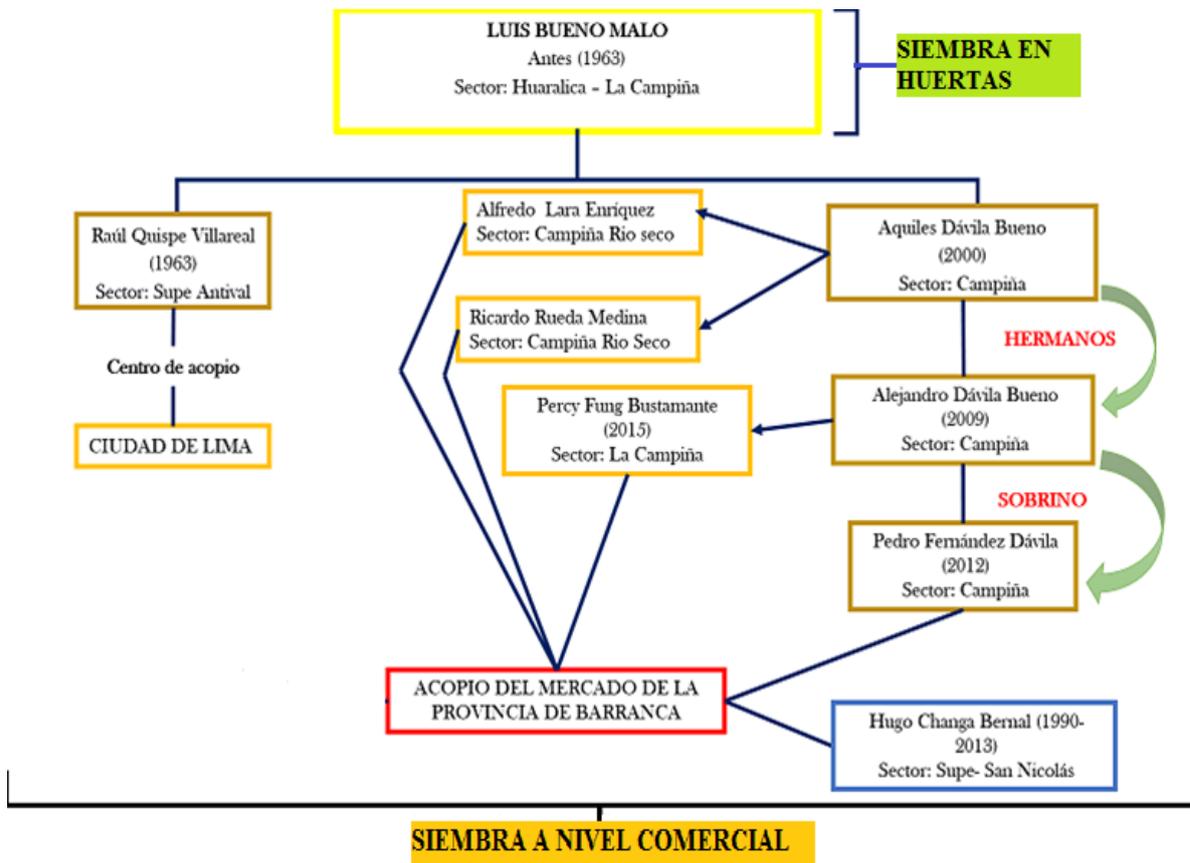
ANEXO 1. Delimitación del área de estudio para la búsqueda de las parcelas de pequeños agricultores donde se siembra el “ají Supano”.



ANEXO 2. Ubicación cartográfica de las parcelas de siembras del “ají Supano” en la campaña interactuada.



ANEXO 3. Historial de la presencia del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, según relato de los agricultores



ANEXO 4. El “ají Supano”, material genético presente en la cuenca baja del río Supe, con sus características propias de los colores de fruto: crema-morado, amarillo, anaranjado y rojo. Su consumo preferido es cuando el fruto crema-morado.



ANEXO 5. Momento de cosecha del “ají Supano” para su consumo en fresco



ANEXO 6. Semillas maduras en planta de los cuatro ecotipos para realizar los trabajos de caracterización morfológica, molecular y citogenética.



ANEXO 7. Instalación del material vegetal en casa malla para la caracterización molecular



ANEXO 8. Agricultores que siembran y resguardan el material genético “*in situ*” en la cuenca baja del río Supe



Pedro Fernández Dávila



Raúl Quispe Villarreal



Aquiles Dávila Bueno



 Alejando Dávila Bueno



Percy Fung Bustamante



Raúl Changa Cerna

ANEXO 9. Plagas y enfermedades del “ají Supano”



Muerte regresiva
Phytophthora capsici Leonian

Gusanos de tierra
Agrotis ipsilon Hufnagel

Daño de brotes por “prodiplosis”
Prodiplosis longifila Gagné



Daño de moscas Lonchaeidae *Neosilba* sp. y trampas de vinagre para su control



Daño de *Heliothis virescens* Fabricius

ANEXO 10. Conducción del ají Supano por los agricultores, almacigos



ANEXO 11. Implementación de otras medidas de control para el control de *Prodiplosis longifila* Gagné



Aplicación de azufres



Aplicación del control etológico “trampas luz”

ANEXO 12. Trabajos en campo y laboratorio para la caracterización morfológica



ANEXO 13. Estados fenológicos del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe

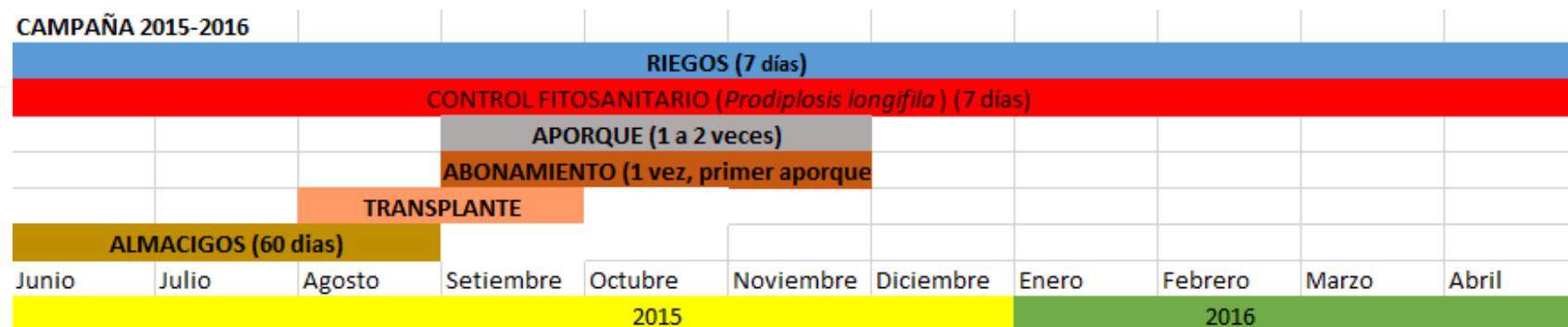
Campaña agrícola 2015-2016

	SIEMBRAS TARDÍAS										
	Germinación	crecimiento			Floracion-cuajado-fructificación						
	SIEMBRAS TEMPRANAS										
Germinación	crecimiento			Floracion-cuajado-fructificación							
Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	
2015							2016				

Campaña agrícola 2016-2017

			SIEMBRAS TARDÍAS							
			Germinación	crecimiento		Floracion-cuajado-fructificación				
	SIEMBRAS TEMPRANAS									
germinación	crecimiento			Floracion-cuajado-fructificación						
Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
2016							2017			

ANEXO 14. Manejo agronómico del cultivo del “aji Supano” en la cuenca baja del rio Supe



ANEXO 15. Participación de agricultores y técnicos para convalidar la encuesta y subindicadores de la sostenibilidad del estudio

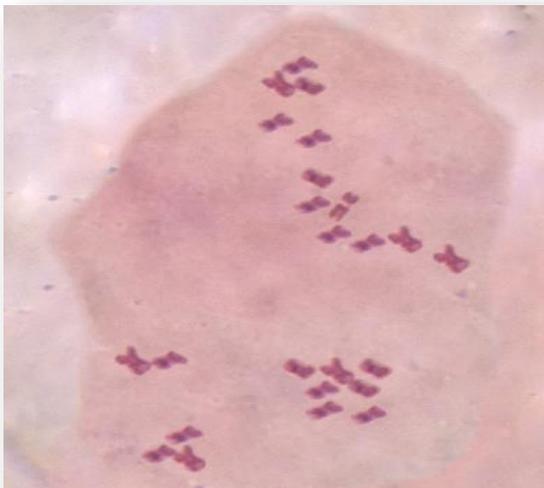


ANEXO 16. Alternativa para darle la sostenibilidad del cultivo del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe, darle valor agregado.

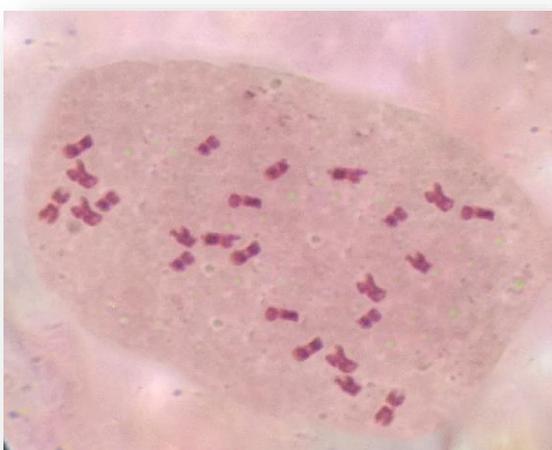


Ají deshidratado y molido para su uso en pizzas

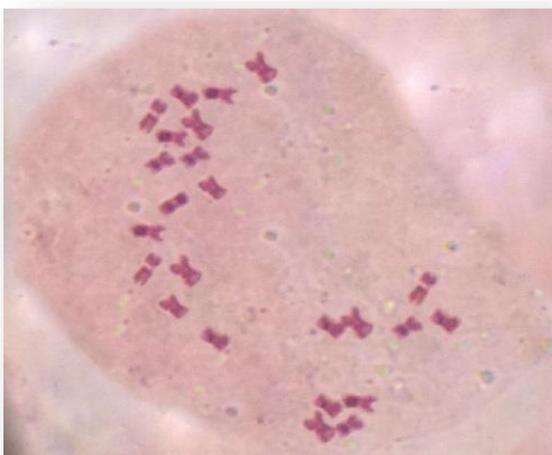
ANEXO 17. Registro fotográfico del estudio citológico de 30 muestras de meristemos radiculares para determinar el nivel de ploidía del “ají Supano”



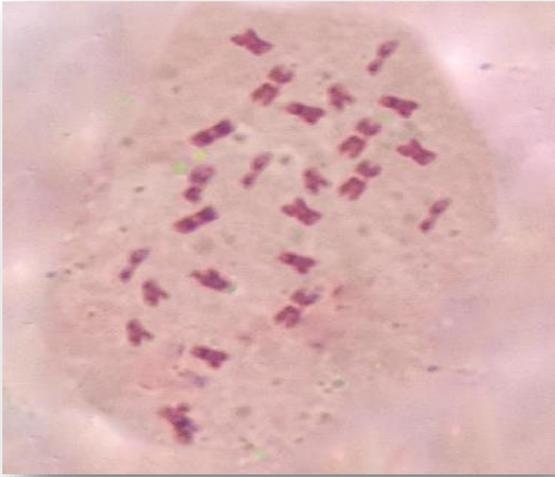
Ají 1



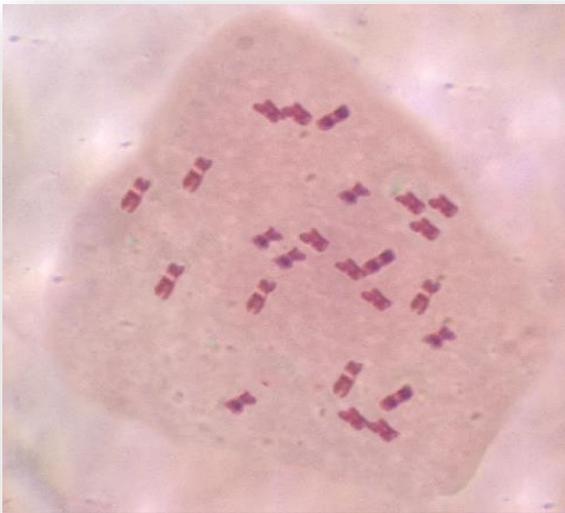
Ají 2



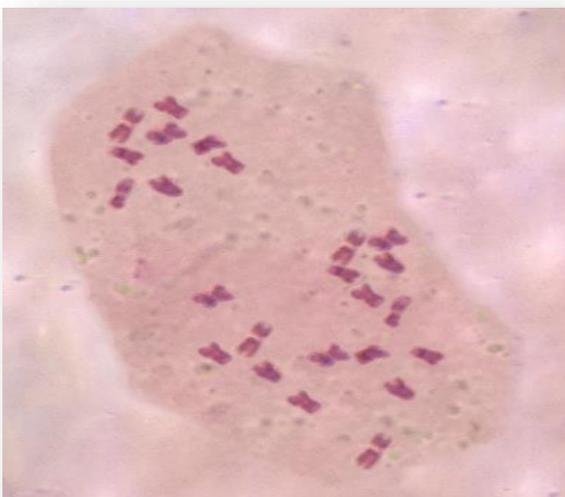
Ají 3



Ají 4



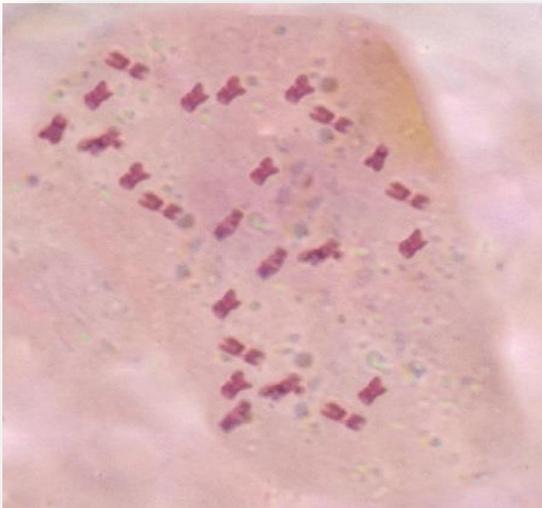
Ají 5



Ají 6



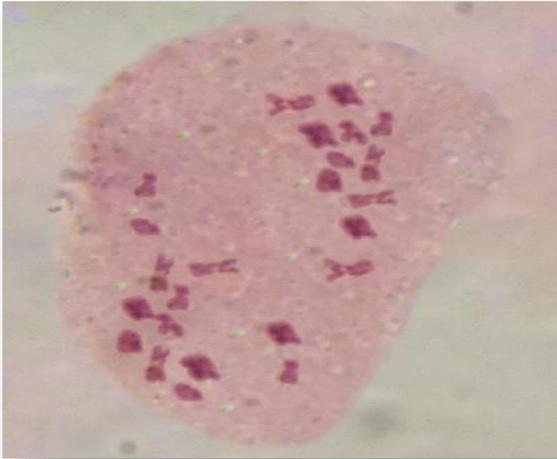
Ají 7



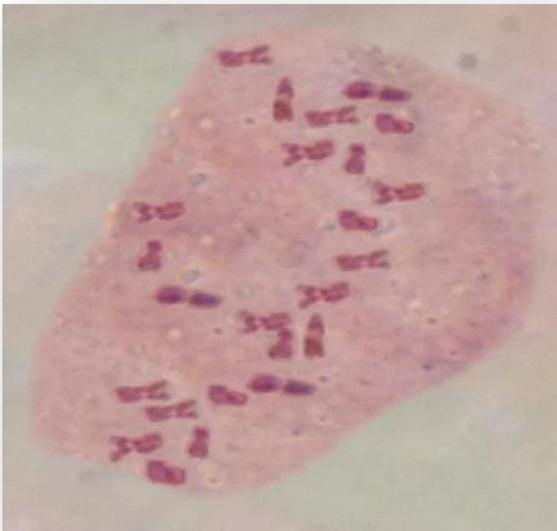
Ají 8



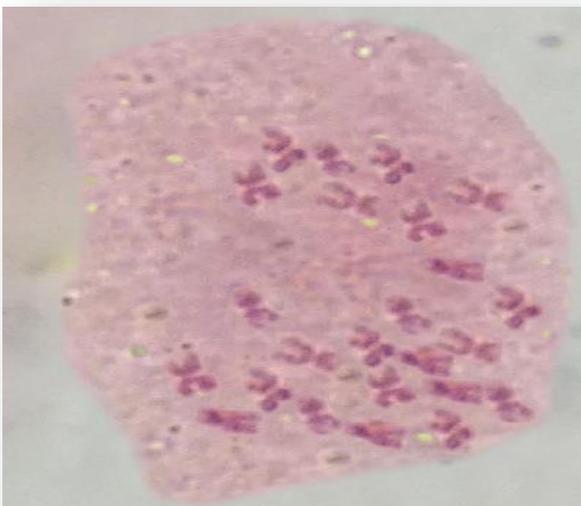
Ají 9



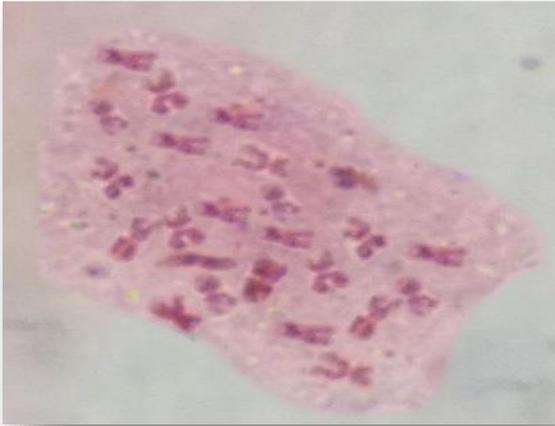
Ají 10



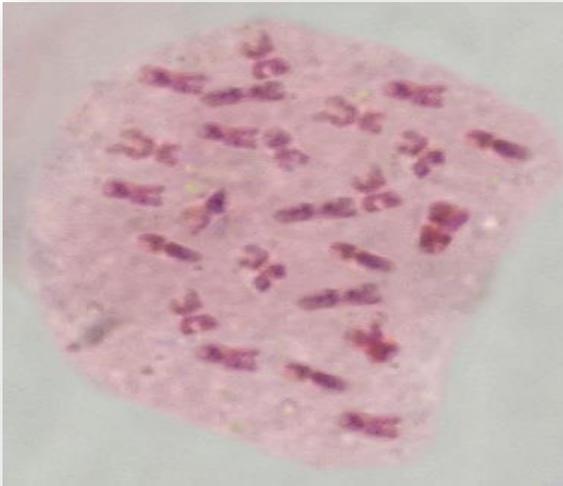
Ají 11



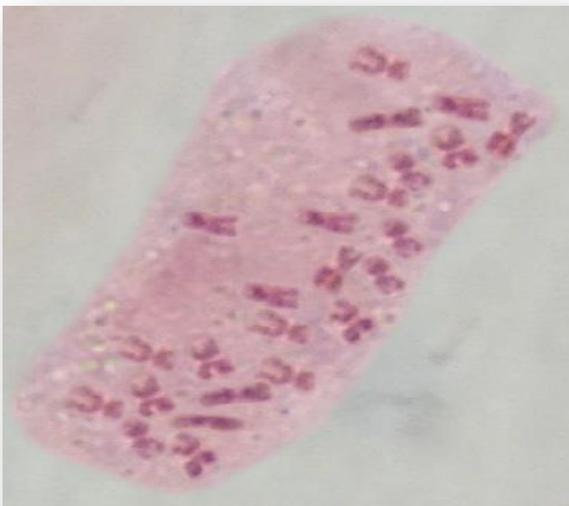
Ají 12



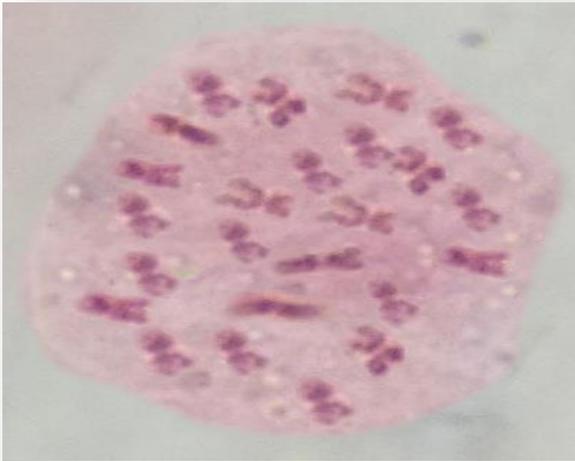
Ají 13



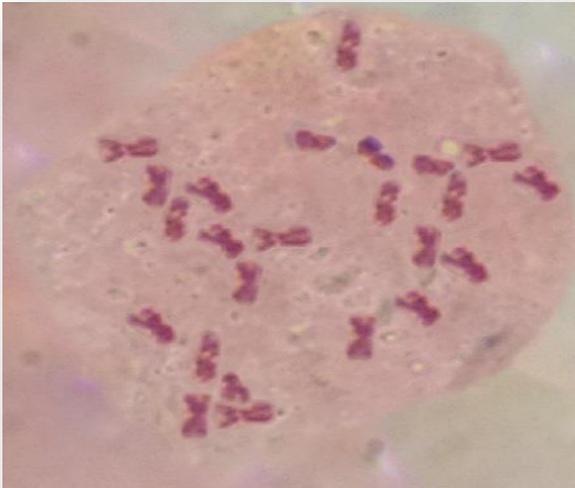
Ají 14



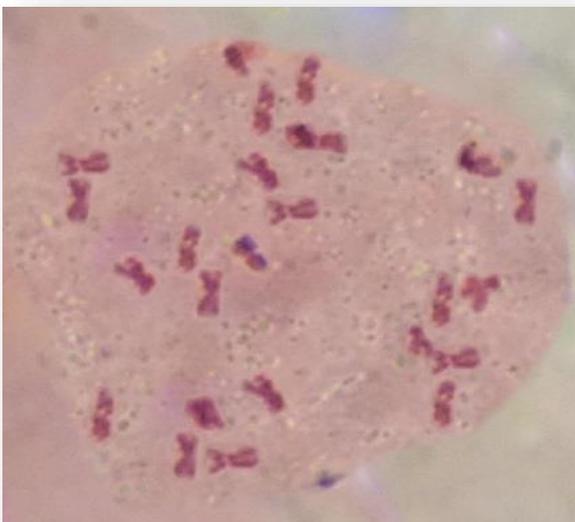
Ají 15



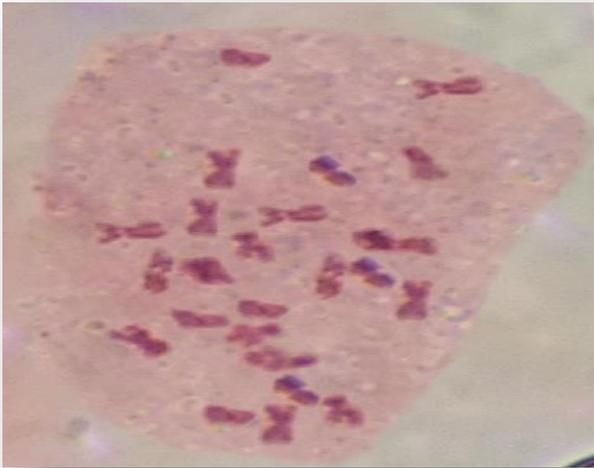
Ají 16



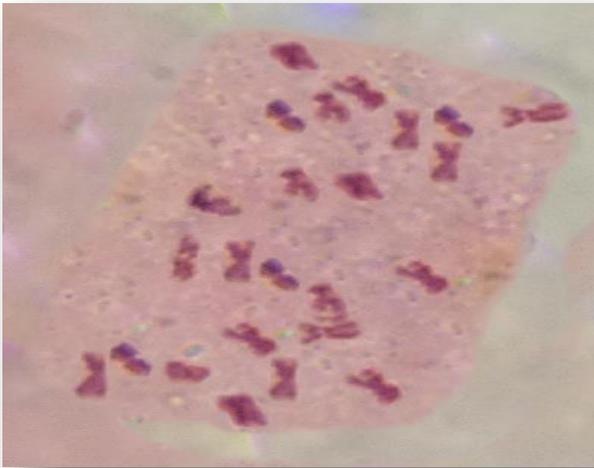
Ají 17



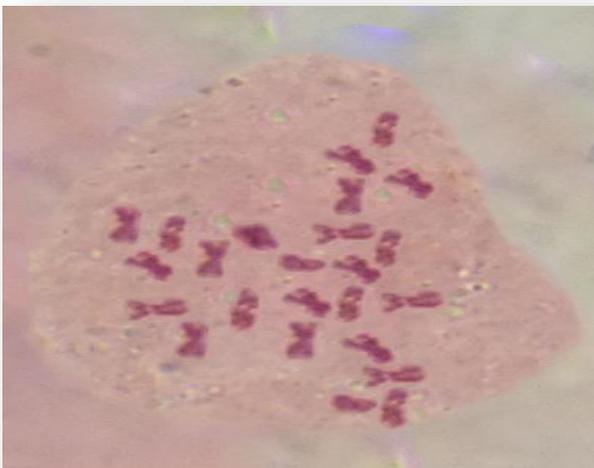
Ají 18



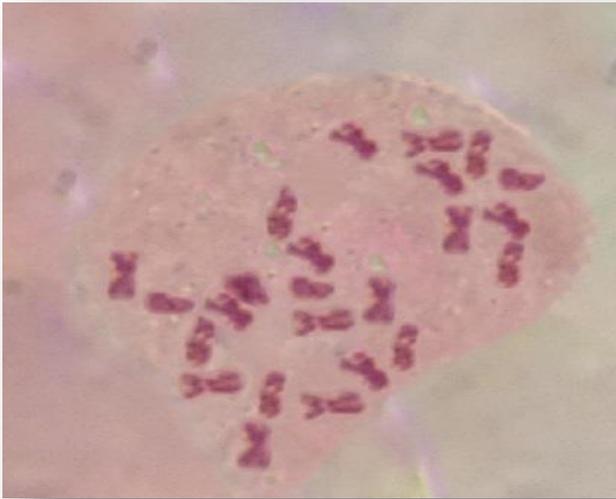
Ají 19



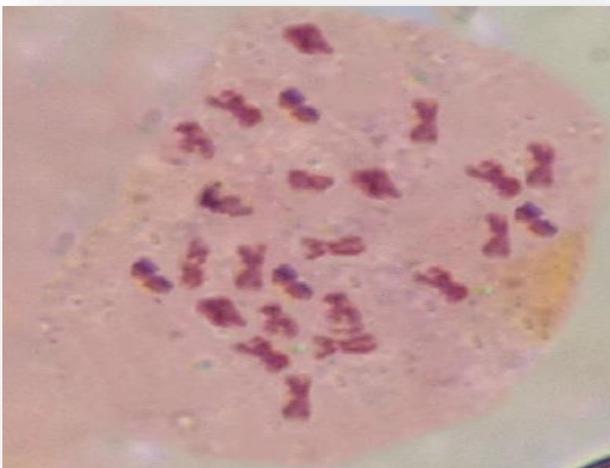
Ají 20



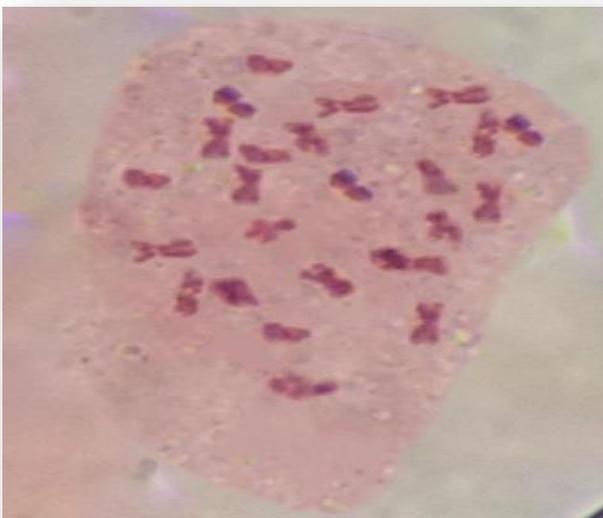
Ají 21



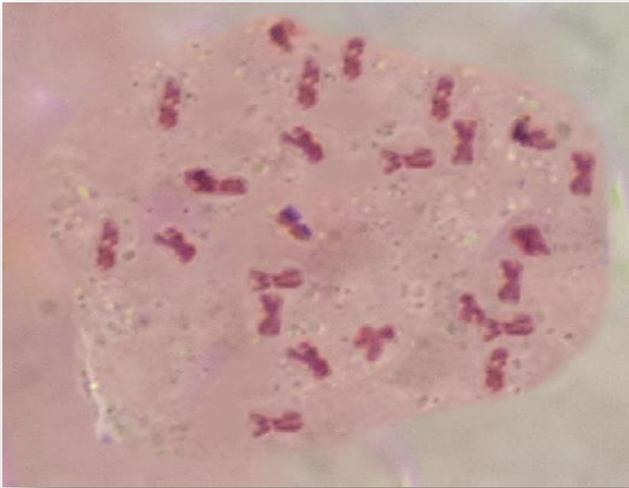
Ají 22



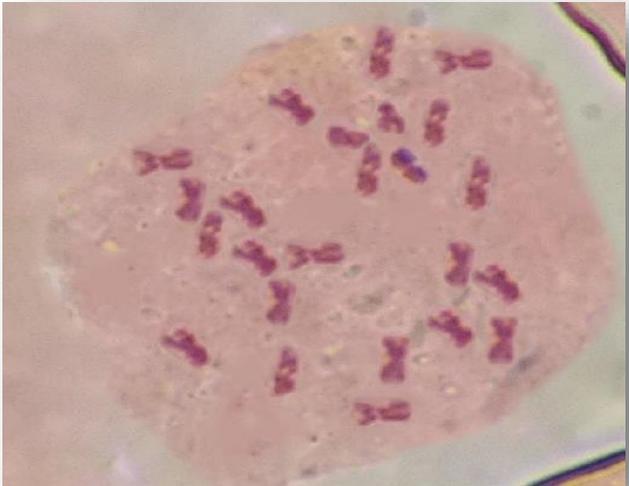
Ají 23



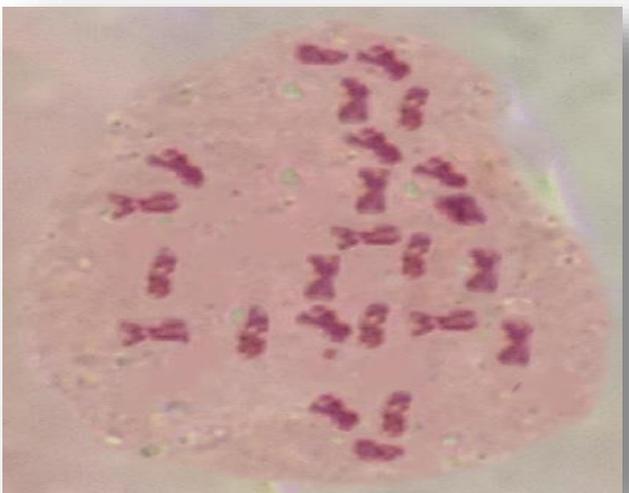
Ají 24



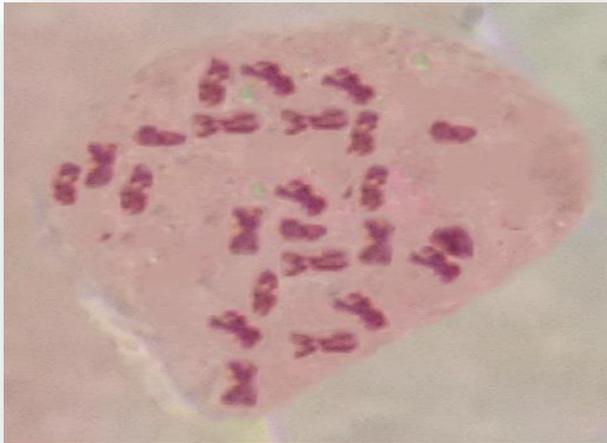
Ají 25



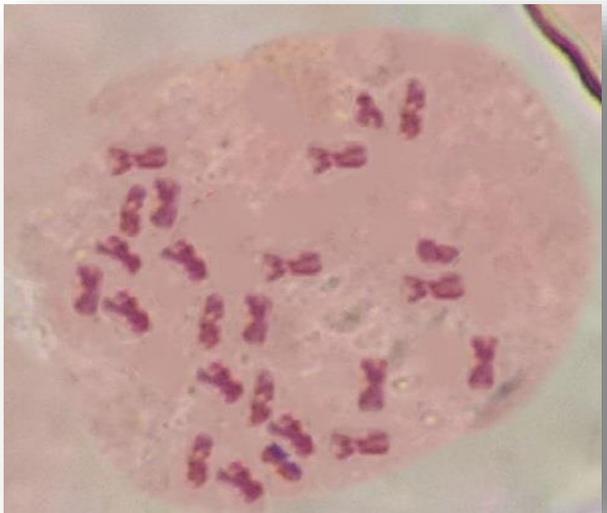
Ají 26



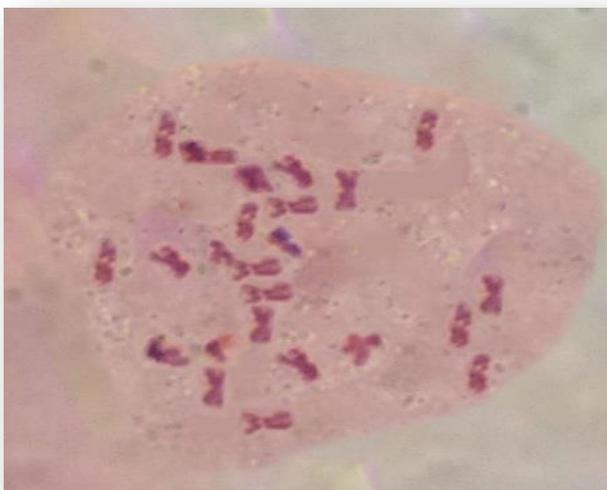
Ají 27



Ají 28



Ají 29



Ají 30

ANEXO 18. Encuesta para determinar la sostenibilidad del “ají Supano” en la cuenca baja del río Supe.

ENCUESTA PARA AGRICULTORES DE AJI SUPANO

Código Interno:	Fecha:	Lugar de la entrevista:	Nombre del entrevistador:
Región:	Provincia:	Distrito:	Sector:
Lima	Barranca	Supe	

INFORMACION GENERAL			
¿Cuál es su nombre?			
Sexo del entrevistado (marcar con X):		1) Masculino	2) Femenino
¿Cuántos años tiene?			
SOCIAL			
¿Cuál es su nivel de educación?			
4) Superior	3) Secundaria	2) primaria	1) ninguno
¿Cuál es el tipo de tenencia de la tierra que cultiva?			
4) Propio y alquilado	3) Propio	2) Alquilado	1) Otros
¿Cuál es el área de terreno que posee?			
4) >de 5 has	3) 3 a 5 has	2) 1 a 2 has	1) > 1 ha
¿Qué servicios básicos posee?			
4) Más de tres servicios (luz, agua, desagüe, carretera)		3) Tres servicios (luz, agua, desagüe)	
		2) Dos servicios (luz, agu	1) Un servicio (luz o agua)
¿Qué servicios de educación posee?			
4) Más de tres servicios (universitario, secundaria, primaria, pre inicial)		3) Tres servicios (secundaria, primaria, pre inicial)	
		2) Dos servicios (secundaria, primaria)	
		1) Un servicio (primaria)	
¿Con que tipo de asistencia de salud cuenta?			
4) Privado	3) ESSALUD	2) SIS (Sistema Integral de Salud)	1) Ninguno
Su predio cuenta con acceso al transporte			
4) 100% acceso a toda movilidad		3) 50% acceso a toda movilidad	
		2) 25% acceso a toda movilidad	
		1) 0% acceso a toda movilidad	
¿Acepta el sistema agrícola que conduce?			
4) 100% acepta		3) 75% acepta	
		2) 50% acepta	
		1) 25 % acepta	
ECONOMICO			
¿Cuál es el área de siembra del ají Supano?			
4) Más de 1 ha	3) 0.5 a 1.0 ha	2) 0.1 a 0.4 ha	1) menos de 0.1 ha
¿Cuál es la susceptibilidad a plagas y enfermedades que presenta el ají Supano ? “Prodiplosis”			
4) 0% susceptibilidad		3) 25% susceptibilidad	
		2) 50% susceptibilidad	
		1) 100% susceptibilidad	
¿Cuál es el rendimiento de ají Supano por ha?			
4) > de 15000 kg		3) 12000 a 15000 kg	
		2) 8000 a 11999 kg	
		1) <8000 kg	
¿Cuál es su ingreso económico que considera del ají Supano por mes por ha ?			
4) > de S/. 2000		3) de S/. 1000 a 2000	
		2) de S/.500 a 999	
		1) <de S/. 500	

<p>Tiene ingresos por otros cultivos ¿Cuál es el monto? 4) > de S/. 2000 3) de S/. 1000 a 2000 2) de S/.500 a 999 1)<de S/. 500</p>
<p>Tiene ingresos por otras actividades ¿Cuál es el monto? 4) > de S/. 2000 3) de S/. 1000 a 2000 2) de S/.500 a 999 1)<de S/. 500</p>
<p>Como diversifica sus ventas 4) > de 3 productos(procesado, seco, fresco y otros) 3) 3 productos (procesado, seco, fresco y otros) 2) 2 productos 1) 1 producto</p>
<p>¿Dónde comercializa el ají Supano? 4) 3 mercados (internacional, nacional y local) 3) 2 mercados (nacional y local) 2) 1 mercados (local) 1) 0 mercado (chacra)</p>
<p>De donde procede sus insumos para el procesos productivo del ají Supano 4) 25% externo 3) 50% externo 2) 75% externo 1)100% externo</p>
<p>¿Cuánto es la rentabilidad del cultivo ají Supano de su inversión 4) >100% inversión 3) 75% inversión 2) 50% inversión 1)25% inversión</p>
<p>AMBIENTAL</p>
<p>¿Cuántas veces al año realiza la rotación de cultivos en su parcela? 4) 3 veces al año 3) dos veces al año 2) 1 vez al año 1) 0 vez (no rota)</p>
<p>Con cuantos cultivos esta diversificada su parcela? 4) > de 3 cultivos 3) 3 cultivos 2) 2 cultivos 1) 1 solo cultivo</p>
<p>En la siembra del ají Supano ¿ la procedencia de las semillas son 4) propias 3) familiares 2) vecinos 1) otra procedencia</p>
<p>¿Cuál es el porcentaje de tecnificación de riego en su parcela? 4) 100%: tecnificado 3) 50%: tecnificado 2) 25%: tecnificado 1)0% tecnificado</p>
<p>Con que frecuencia riega el cultivo de ají Supano? 4) una vez al mes 3) dos veces al mes 2) tres veces al mes 1)cuatro veces al mes</p>
<p>¿Cuántos insumos externos utiliza para el proceso productivo del ají Supano? 4) Ninguno 3) un insumo (orgánicos) 2) dos insumos (orgánicos y plaguicidas) 1) tres insumos (orgánicos y plaguicidas y fertilizantes)</p>
<p>¿Con que frecuencia incorpora materia orgánica en el cultivo de ají Supano? 4) Todas las campañas utiliza 3) Cada dos campañas 2)cada tres campañas 1) ninguna campaña</p>
<p>¿Qué otras medidas de control utiliza para la conducción del ají Supano? 4) más de tres (etológico, biológico, cultural y químico 3)Tres (etológico, cultural y químico 2) dos (cultural y químico) 1) uno (químico)</p>
<p>¿Con que frecuencia realiza la labranza del suelo para la conducción del ají Supano? 4) labranza cero 3)una vez por año 2) dos veces por año 1) tres veces por año</p>