

EVALUACIÓN DEL AMARANTO **(*Amaranthus spp.*)** **EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR** **2014 y 2015**



PROGRAMA NACIONAL DE LEGUMINOSAS Y GRANOS ANDINOS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA, INIAP
INFORME TÉCNICO
Febrero de 2016
Quito, Ecuador

EVALUACIÓN DEL AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR 2014 y 2015

Autores*:

Eduardo Peralta I., Ing. Agr. M.C.
Nelson Mazón O., Ing. Agr. M.C.S.
Ángel Murillo I., Ing. Agr. M.Sc.
Luis Minchala G., Ing. Agr. M.Sc.

CITA:

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Minchala, N. 2016. Evaluación del amaranto (*Amaranthus* spp.) en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Informe Técnico. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias, INIAP. Quito, Ecuador. 56 p.

* Investigadores del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del INIAP.

CONTENIDO

TEMA	Página
Contenido	2
Índice de cuadros	3
Índice de figuras.....	4
Índice de fotografías.....	5
Agradecimientos	6
Presentación	7
Antecedentes.....	8
Justificación	9
Importancia del amaranto.....	9
La provincia de Santa Elena.....	11
Condiciones agro ecológicas, ambientales y sociológicas de Colonche y Santa Elena	13
Evaluación preliminar de la adaptabilidad del amaranto en Santa Elena.....	17
Objetivos	17
Materiales y métodos.....	18
Resultados.....	32
Evaluación del banco de germoplasma de amaranto, 2014.....	32
Evaluación de 10 accesiones promisorias y una variedad mejorada, 2015.....	36
Conclusiones y recomendaciones	45
Bibliografía.....	46
Anexos.....	48
Anexo 1. Malezas y su control en el cultivo de amaranto. Colonche, 2015.....	49
Anexo 2. Plagas y su control en el cultivo de amaranto. Colonche.....	51
Anexo 3. Características de los suelos por localidad. Colonche, 2015.....	53
Anexo 4. Características del agua de riego por localidad. Colonche, 2015.....	55
Anexo 5. Demostración de trillado y formas de consumo del amaranto. Colonche, 2015.	56

Índice de cuadros:

Cuadro No.	Tema	Página
1	Análisis proximal y de minerales del grano de la variedad de amaranto INIAP. Alegría. 2013.....	10
2	Código de identificación de 226 accesiones de amaranto de grano de color blanco o crema. 2014.....	18
3	Ubicación y características del sitio experimental. Colonche, 2014.....	20
4	Área sembrada y tamaño de la unidad experimental. Colonche, 2014	21
5	Código y origen de 10 accesiones o líneas seleccionadas en Colonche, 2014.....	25
6	Localidades y datos de georreferencia para la evaluación de 10 accesiones y una variedad de amaranto. Colonche, 2015.....	25
7	Características generales del clima, suelo y agua de la zona y lotes para ensayos. Colonche, 2015.....	26
8	Frecuencia de las variables morfológicas y agronómicas de las accesiones de amaranto evaluadas en Colonche, 2014.....	32
9	Accesiones o líneas de amaranto seleccionadas en Colonche, 2014.....	35
10	Análisis de varianza para las variables que mostraron diferencias estadísticas entre 10 accesiones y una variedad de amaranto en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.....	36
11	Promedio para días al panojamiento, altura de planta, diámetro del tallo de accesiones de amaranto evaluadas en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.....	37
12	Promedio para longitud de la panoja, diámetro de la panoja y rendimiento de accesiones de amaranto evaluadas en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.....	38
13	Análisis bromatológico de seis accesiones y una variedad de amaranto. Colonche, 2015.....	40
14	Color del grano (CG), masa hectolítrica (MH), tamaño del grano (TG), diámetro de la semilla (DS), peso de mil semillas (PMS), número de semillas por gramo (NSG), porcentaje de grano reventado (PGR) y densidad de reventado (DR) de 10 accesiones y una variedad de amaranto evaluadas en Colonche, 2015.....	41
15	Promedio de días al panojamiento (DP), altura de planta (AP), longitud de la panoja (LP), diámetro de la panoja (Dp), color de la panoja (CP) y rendimiento (g/planta) de accesiones y una variedad de amaranto evaluadas en Colonche, 2015	44

Índice de figuras:

Figura No.	Tema	Página
1	Ubicación de la provincia de Santa Elena en la geografía del Ecuador.....	11
2	Mapa de la parroquia Colonche y área entre Barbascal y San Vicente. Colonche, 2014 y 2015.	12
3	Cuencas hidrográficas de la Península de Santa Elena.....	14
4	Frecuencia para color de la panoja de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Santa Elena. 2014.	34
5	Frecuencia para color del grano de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Santa Elena. 2014.	34
6	Frecuencia para densidad de la panoja y actitud de la inflorescencia de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Santa Elena. 2014.	35
7	Promedio de altura de planta por accesiones y por localidad. Colonche. 2015.	37
8	Promedio de longitud de panoja por accesiones y por localidad. Colonche, 2015.	38
9	Promedio del diámetro de panoja por accesiones y por localidad. Colonche, 2015.	39
10	Promedio del rendimiento por planta para accesiones y localidades. Colonche, 2015.....	39

Índice de fotografías:

Foto No.	Tema	Página
1	El agro ambiente característico del valle de la Javita, Santa Elena, por el tipo de vegetación y suelos. 2015. (Fotos: E. Peralta).....	13
2	Vista panorámica de un área del valle del río Javita. 2015. (Foto: E. Peralta),	15
3	Vistas panorámicas del valle del río Javita, iniciando en la represa San Vicente. 2015. (Fotos: E. Peralta).....	15/16
4	Lote, sistema de riego, fertilización y distribución de semilla. 2014. (Fotos: E. Peralta).....	21/22
5	Panorámicas del lote de evaluación del germoplasma, fenotipos, toma de datos y cosecha. 2014. (Fotos: E. Peralta, M. Guamán).	23/24
6	Lotes de ensayos en Río Nuevo, fertilización y siembra. 2015. (Fotos: E. Peralta).	27
7	Lotes de ensayos en Limoncito, fertilización y siembra. 2015. (Fotos: E. Peralta).	27
8	Lotes de ensayos en San Vicente, fertilización y siembra. 2015. (Fotos: E. Peralta).	27
9	Evaluación y cosecha del ensayo en Río Nuevo. 2015. (Fotos: E. Peralta).....	29
10	Evaluación y cosecha del ensayo en Limoncito. 2015. (Fotos: E. Peralta y N. Mazón).....	30
11	Evaluación y cosecha del ensayo en San Vicente. 2015. (Fotos: E. Peralta).....	31
12	Fenología del grano seco de 10 accesiones de amaranto evaluadas en Santa Elena. 2015. (Fotos: E. Peralta).	42
13	Grano de amaranto (ECU-9073, ECU-8469, ECU-4713), de tipo sólido y vítreo, vistos al estéreo microscopio. 2015. (Fotos: L. Vega y E. Peralta).....	43
14	Malezas predominantes en los lotes de investigación con amaranto. 2015.	50
15	Daño causado por hormiga, al transportar la semilla a sus colonias. Colonche 2014. (Foto: M. Guamán).	51
16	Daño de insectos en el área foliar del amaranto. Colonche, 2015.	52
17	Demostración de trillado y formas de consumo del amaranto. Colonche, 2015. (Fotos: E. Peralta).	56

AGRADECIMIENTO

- ❖ Los autores, en nombre del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del INIAP, con sedes en las Estaciones Experimentales Santa Catalina (Pichincha) y del Austro (Azuay), dejan constancia de agradecimiento a los agricultores del valle del río Javita, en la parroquia Colonche, Santa Elena: Señores Hugo Miraba, Mauro Pozo, Reinel Miraba e Ing. Carlos Rodríguez; quienes compartieron la tierra, el agua y el trabajo para la evaluación de la quinua y el amaranto en los años 2014 y 2015.
- ❖ A las Fundaciones McKnight (EEUU), de manera especial a la Ing. Claire Nicklin y a EkoRural (Ecuador), por su decidido apoyo a las actividades de investigación en Granos Andinos.
- ❖ A los colegas y compañeros que colaboraron en las actividades de investigación y desarrollo en Santa Elena: Ings. Diego Rodríguez, Laura Vega, Diana Domínguez, Diego Mina, Elena Villacrés, Agr. José Pinzón e Ing. Adriana Manosalvas (Estación Santa Catalina); Ings. Cristian Ramón y Rafael Muñoz y Agr. Miguel Guamán (Estación del Austro).

PRESENTACIÓN

Los cambios en la matriz productiva, la incorporación de nuevas áreas potenciales para la producción de alimentos, las mega obras de infraestructura de riego, la llegada del agua dulce a valles con superficies considerables, la búsqueda de nuevas y mejores alternativas para la sostenibilidad de los sistemas de producción, la oferta de más y mejores alimentos, la generación de fuentes de trabajo, empleo e ingresos por la demanda de mercados nacionales e internacionales; han sido las motivaciones para explorar nuevas alternativas para la agricultura, la alimentación y la agroindustria en el Ecuador; sin descuidar las posibilidades de exportación, por pedido de los tomadores de decisiones.

Por lo que, no se escatimó esfuerzos y enfrentar riesgos para evaluar el amaranto y la quinua de manera preliminar en las condiciones mega térmicas y semi desérticas en uno de los valles de la provincia Santa Elena, considerada como un “granero” por su potencial agrícola en la costa ecuatoriana.

Este informe técnico, resume los resultados de las evaluaciones preliminares de adaptabilidad del amaranto realizada en las condiciones agroclimáticas prevalentes en la Península de Santa Elena; baja precipitación, temperaturas elevadas, suelos aluviales, sistema de riego por goteo con agua dulce y agua semi salina (pozos), etc. Pretende también, dejar sentadas las primeras experiencias en estos cultivos, que sirvan a los investigadores y desarrollistas como un abanico de ideas para ampliar las investigaciones y generar tecnologías acordes a la realidad de esta potencial área agrícola del país.

Eduardo Peralta Idrovo, Ing. Agr. M.C.
COORDINADOR NACIONAL DE LEGUMINOSAS Y GRANOS ANDINOS DEL INIAP

ANTECEDENTES

En marzo del año 2013, el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) del INIAP, con sede en la Estación Experimental Santa Catalina, recibe una comunicación de la Asociación de Consultoras INGECONSULT-EUROESTUDIOS, a través de la cual manifiesta que “se encuentra realizando los estudios de diseño definitivo en el área del Proyecto de Riego “LA JAVITA” trasvase Daule-Colonche-San Vicente y del interés del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)-Guayaquil en conocer la factibilidad del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y el amaranto (*Amaranthus* spp.) en la Península de Santa Elena, una vez que se habilite el Proyecto de Riego”. A la vez solicitaban recomendaciones tecnológicas para el manejo de variedades, de estar disponible o informar el tiempo y costo que demandaría la investigación hasta lograr resultados exitosos con estas especies, en este agro ambiente y que puedan ser adoptados por los agricultores. En respuesta, se informó de la tecnología disponible para la Sierra, la apertura para enviar semilla de variedades mejoradas para pruebas de adaptabilidad, la falta de experiencia de investigación en Costa con estos cultivos, el grado de dificultad por la distancia y la motivación a los directivos del Instituto.

En mayo de 2014, el MAGAP, a través de la Subsecretaría de Agricultura, ante la decisión del PRONALEG-GA-INIAP de realizar investigaciones con quinua y amaranto para evaluar su adaptabilidad a los ambientes costeros de la provincia de Santa Elena; manifiestan su apoyo a este proceso y solicita al Director Ejecutivo del INIAP propiciar el inicio de las actividades de investigación en estos cultivos.

En coordinación con investigadores del Programa de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental del Austro, se identificó un agricultor interesado en colaborar en los ensayos con agua de riego por goteo, en Barbascal, Colonche, en Santa Elena (valle de la Javita). Los investigadores del PRONALEG-GA consideraron pertinente evaluar el banco de germoplasma de quinua (accesiones provenientes de Bolivia y Perú y otros países) que no provengan de valles de la Sierra ecuatoriana y el banco de germoplasma de amaranto de material introducido, excepto el de grano negro de *Amaranthus quitensis* L. No se consideró el germoplasma de quinua ecuatoriana, porque son ecotipos de valle y en una prueba preliminar anterior con la variedad INIAP Tunkahuán se observó su desadaptación (plantas muy altas y ramificadas). De la misma manera, por una evaluación preliminar en el año 2013 en Santa Elena, se observó desadaptación del ataco o sangorache (grano negro) al alcanzar alturas superiores a 2 m, biomasa abundante y panojas pequeñas, no así la variedad INIAP Alegría (*A. caudatus* L.).

En noviembre de 2014, el Gobierno Nacional inauguró el Trasvase Chongón-San Vicente, que provee de agua para regadío y potabilización. Este trasvase proporciona agua cruda suficiente para el consumo humano y el agua almacenada en la presa permitirá el riego de 7700 hectáreas del valle del río Javita. El trasvase potencia el desarrollo del Proyecto Integral de Desarrollo Agrícola Ambiental y Social de forma Sostenible en el Ecuador (PIDAASSE), que lleva a cabo el MAGAP en esta provincia. El trasvase asegura el suministro de agua durante todo el año, el mismo que está dirigido a los sectores comunales pobres de la Península de Santa Elena y Guayas (MCSE, 2014).

El presente informe técnico, resume los resultados de dos años de investigación con el amaranto en la provincia Santa Elena, considerando el potencial de este cultivo para el desarrollo agrícola peninsular. No se informa del rubro quinua, por no disponer de datos de evaluación, debido a la desadaptación que presentó en este ambiente.

JUSTIFICACIÓN

Amaranto significa inmarcitable, inmarcesible. Constituyen un grupo de plantas (herbáceas) que pertenecen a la familia Amaranthaceae. El género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, de las cuales la mayoría son nativas de América y solo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia (Robertson, 1981, citado por Mujica (1997), cuyas características varían mucho, dependiendo del medio en el que crecen, dando lugar a la identificación de muchas especies.

Las especies de amaranto que producen semilla y que son las más conocidas y utilizadas en el continente americano son las siguientes: *Amaranthus caudatus* L., de Los Andes; *A. cruentus* L., de México y Centroamérica y *A. hypochondriacus* L., de la parte central de México (Espitia *et al.* 2010; Peralta, 2012).

Los amarantos silvestres y cultivados se han propagado rápidamente. Actualmente se encuentran a lo largo de los trópicos y de las zonas templadas. Existen especies y variedades que se cultivan para el uso de la hoja como verdura y otras para el uso del grano seco (Martin y Telek, 1979).

Actualmente, México, Guatemala, Perú, Bolivia, Argentina, Brasil y Ecuador son los países latinoamericanos que cultivan amaranto. En México cultivan un promedio de 3000 ha/por año, con rendimientos promedio de 2 t/ha (Ayala *et al.* 2012).

En Ecuador, la historia del amaranto se inicia en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en el año de 1983, con la colección de germoplasma para la formación del Banco de Germoplasma del Ecuador. En este año y los subsiguientes se colectó el amaranto de grano negro, ataco o sangorache (*A. quitensis* H.B.K., antes *A. hybridus* L.) a lo largo de la sierra ecuatoriana. Esta especie semi cultivada se encontró en los jardines, huertos caseros, orillas de caminos o intercalado con el cultivo de maíz. Su uso preferentemente fue como planta medicinal o para extraer el colorante para bebidas; en ningún lugar reportaron el consumo del grano con fines de alimentación. Es importante mencionar que en este recorrido de colección del amaranto en el país, no se encontró en ninguna localidad amaranto de grano blanco, es decir *A. caudatus* L. u otra especie (Peralta, 1985; Peralta *et al.* 2008).

En el año 1986 se realizó la introducción e intercambio de germoplasma de grano blanco (principalmente *A. caudatus*) al Programa de Cultivos Andinos del INIAP, desde la Universidad San Antonio Abad del Cusco, Perú. De este germoplasma se derivó la variedad INIAP Alegría que fue liberada en el año de 1994 (Monteros *et al.* 1994).

Importancia del amaranto

El amaranto es importante porque existen especies y variedades que son originarias de los Andes y de América, es decir fueron domesticadas hace miles de años en estos ambientes. El amaranto es parte de los sistemas de producción de los valles interandinos, en cultivos solos o asociados. En Ecuador el amaranto y sus parientes silvestres se adaptan desde el nivel del mar hasta los 2900 m s.n.m. Existió la tradición de utilizar sus hojas (preparación llamada "jaucha") y el colorante en la alimentación y salud humana (Nieto, 1989; Peralta *et al.* 2013).

El amaranto es una planta C4, más eficiente en el uso del agua, no presenta foto respiración y tiene mayor eficiencia en la fijación del CO₂, produciendo la misma cantidad de biomasa con menor cantidad de agua (Mujica *et al.* 1997).

El grano del amaranto no presenta sustancias amargas (alcaloides o saponinas) como es el caso de la quinua y chocho, al ser así, contribuye al ahorro de agua y energía, para su uso en la alimentación humana. El amaranto se cosecha, trilla, seca, limpia y selecciona y está listo para la agroindustria o el consumo directo.

Al ser un alimento de buena calidad, se podría constituir en una opción o alternativa importante para mejorar la alimentación de la población rural y urbana de la provincia de Santa Elena y provincias aledañas, con características ecológicas, sociales y económicas semejantes.

El amaranto es parte de las especies dicotiledóneas, es decir no es un cereal, por lo que no contiene gluten y a la vez no contiene sustancias anti nutricionales (saponinas o alcaloides) en sus semillas o granos (no requiere lavado previo o escarificado para el consumo) y es un alimento de primera calidad, por el balance de sus aminoácidos esenciales en la proteína, la misma que puede fluctuar entre un 14 a 18% (**Cuadro 1**). A esto se suma el contenido de grasa, minerales, vitaminas, fibra y antioxidantes (Nieto, 1989; Peralta, 2008).

Cuadro 1. Análisis proximal y de minerales del grano de la variedad de amaranto INIAP. Alegría. 2013.

Elemento	Unidad	Contenido en base seca
Proteína	%	15,50
Cenizas	%	3,06
Grasa	%	8,78
Fibra bruta	%	4,70
Carbohidratos	%	68,41
Calcio	%	0,09
Fósforo	%	0,74
Magnesio	%	0,29
Sodio	%	0,02
Potasio	%	0,54
Hierro	ppm	71
Manganeso	ppm	24
Zinc	ppm	30
Cobre	ppm	7
Energía total	(Kcal/100 g)	478,73

Fuente: Peralta *et al.* 2013

En los años 2013 y 2014, se realizaron pruebas preliminares de adaptabilidad del amaranto de grano blanco y grano negro en la provincia de Santa Elena. Se observó que el amaranto de grano negro de la especie *A. quitensis*, no se adaptó a este ambiente tropical, por lo que todo el trabajo

de investigación se orientó al amaranto de grano blanco, de las especies *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*.

La provincia de Santa Elena

La provincia de Santa Elena está ubicada al suroeste de la cuenca hidrográfica del río Guayas, dentro de la región costera del Ecuador (**Figura 1**). “Está conformada por los cantones La Libertad, Salinas y Santa Elena. Limita al norte con la provincia de Manabí, al sur y al oeste con el océano Pacífico y al este con la provincia del Guayas. La cordillera de Chongón y Colonche que se orienta desde Guayaquil en dirección noroeste, forma una barrera natural entre la península y la cuenca del río Guayas. Esta provincia tiene una superficie de 3762 km² y se caracteriza por ser una zona semi-desértica, cuya actividad económica se basa en la pesca y el turismo y con un potencial agrícola extraordinario a lo largo del año, especialmente en cultivos de ciclo corto, de exportación, frutales y hortalizas” (GADPSE, 2015).



Elaboración: Autores

Figura 1. Ubicación de la provincia de Santa Elena en la geografía del Ecuador.

Los principales factores que inciden en las condiciones climáticas de la provincia de Santa Elena son: la corriente cálida de El Niño que se desplaza entre los meses de diciembre hasta abril desde Panamá hacia la zona central del Ecuador; la corriente fría de Humboldt, que influye entre los meses de mayo a noviembre que al encontrarse con la corriente cálida de El Niño, origina una corriente de aire húmedo que se dirige hacia el este, perdiendo humedad por el efecto de las elevaciones de Chongón y Colonche. La temperatura media anual oscila entre 23 y 25 °C, con una mínima de 15 °C entre los meses de julio y agosto y una máxima de 39,5 °C en los meses de febrero y marzo (GADPSE, 2015).

Las cuencas hidrográficas del territorio peninsular son: Ayampe, Manglaralto, Valdivia, Javita, Grande, Salado, La Seca y Zapotal. La orografía es casi plana, la parte más alta corresponde a la cordillera de Chongón y Colonche, ubicada al este y sureste de la península con una altura máxima de 300 m sobre el nivel del mar (GADPSE, 2015).

La parroquia Colonche, está ubicada al centro y norte de la provincia de Santa Elena, con una extensión de 1137,2 km². El territorio de la parroquia contiene dos sectores marcados geográficamente: el del filo costero y el del interior de dominancia rural. La zona que da al perfil costanero, es eminentemente turística. El sector hacia el interior es rural, con predominancia de las actividades agroalimentarias (GADPC, 2015).

Dentro de esta gran zona agrícola, destacan el centro poblado de Colonche, cabecera parroquial ubicada a 5,5 km hacia el interior de la ruta del *Spondylus*. Hacia el norte se ubica un eje de poblados formado por Manantial de Colonche, Las Lomas, Bambil Deshecho, Bambil Collao, río Seco y Febres Cordero (**Figura 2**).



Fuente: GADPC, 2015

Figura 2. Mapa de la parroquia Colonche y área entre Barbascal y San Vicente, en la que se realizó la investigación en amaranto, 2014 y 2015.

Condiciones agro ecológicas, ambientales y sociológicas de Colonche y Santa Elena

Se han identificado ocho grandes clases de climas en el país. La denominación que se aplica a cada uno de ellos tiene como base al régimen de lluvias (tropical o ecuatorial, según tenga uno o dos picos anuales, respectivamente), a las temperaturas (mega o mesotérmico cuando es cálido o templado, respectivamente) y a la altura pluviométrica anual (desde lluvioso hasta semiárido) (Gordillo, 2009).

El clima que caracteriza a la provincia de Santa Elena está considerado como tropical megatérmico semi-árido. Este clima es semidesértico con precipitaciones inferiores a 500 mm, temperaturas medias comprendidas entre 20 y 26°C y una humedad de alrededor del 80 %. El verano se caracteriza por un cielo nublado, neblinas y lluvias de muy débil intensidad (garúa). Los relieves ubicados sobre los 300 m de altura y más frecuentemente sometidos a la garúa, tienen un clima más húmedo” (Gordillo 2009).



Fotografías 1. El agro ambiente característico del valle de la Javita, Santa Elena, por el tipo de vegetación y suelos. 2015. (Fotos: E. Peralta).

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2021 del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena (GADPSE 2012), se identifican a los ríos Javita, Nuevo,

Zapotal, Viejo (Salanguillo) y Valdivia; y a las represas San Vicente y El Azúcar como parte de los recursos hídricos de la parroquia Colonche y de la cuenca hidrográfica del río Javita (**Figura 3**). El mencionado Plan señala el déficit hídrico, la deforestación, el mal manejo de la cuenca y los pozos de agua con salinidad como los principales problemas de la Cuenca; y como potencialidad mencionan a la aptitud agrícola y el bosque protector Chongón-Colonche, Loma Alta y Las Balsas. El análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del Subsistema Agroalimentario en las fortalezas identifican la existencia de sectores con agua de buena calidad en Colonche, Julio Moreno y Chanduy; y como limitante mencionan la reducida investigación en sistemas de producción adaptados a las zonas desérticas, inadecuada aplicabilidad de paquetes tecnológicos en zonas semidesérticas y escasa capacidad de asociatividad entre agro productores.



Fuente: Rojas, 2010

Figura 3. Cuencas hidrográficas de la Península de Santa Elena.

Para el valle de la Javita, identifican cultivos de ciclo corto como el maíz duro, semi perennes y perennes, frutales como maracuyá, sandía y papaya; hortalizas (cebolla), ubicados en la zona este de la parroquia Colonche, San Vicente, Limoncito, Río Nuevo, Manantial de Guangala, Clementina, Salanguillo, El Salado, San Vicente y Las Balsas; y, afirman que todas ellas con potencial para agricultura orgánica (GADPSE, 2012).

Las fortalezas del valle la Javita son la fertilidad de sus suelos y la disponibilidad de fuentes de agua subterránea, las albardas, represamientos y el conocimiento ancestral para su manejo. Entre las debilidades se identifican el mal manejo de las cuencas hidrográficas, el déficit hídrico o escasez de agua para actividades productivas y como una amenaza la salinización y erosión de los suelos. Sin embargo, es una oportunidad el Programa Sembrando Agua (SENAGUA) y entre los grandes proyectos hídricos se resalta el trasvase Chongón-San Vicente, con una cobertura estimada de riego de 13000 ha (GADPSE, 2012).

El Plan de Desarrollo de la provincia Santa Elena, desde el punto de vista sociocultural identifica como sus principales debilidades el alto nivel de desnutrición infantil, el desempleo, poco acceso a servicios básicos; y, a la vez el no acceso al agua (canales de riego) para la producción agrícola y para el consumo humano (GADPSE, 2012).

Desde el punto de vista económico, entre otros, se resalta las importantes obras de regadío en el territorio, el clima y el potencial agroecológico. En este contexto, informan que la provincia de Santa Elena es un territorio con enormes potencialidades en el ámbito agroalimentario. El ancestro cultural de producción agropecuaria, condiciones climatológicas, extremada vocación agrícola de los suelos, condiciones privilegiadas de áreas sin cultivar (agricultura ampliada) y cercanía al principal centro de consumo de Ecuador (Guayaquil) (GADPSE, 2012).



Fotografía 2. Vista panorámica de un área del valle del río Javita. 2015. (Foto: E. Peralta).





Fotografías 3. Vistas panorámicas del valle del río Javita, iniciando en la represa San Vicente. 2015. (Fotos: E. Peralta)

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ADAPTABILIDAD DEL AMARANTO EN SANTA ELENA

La adaptabilidad varietal a las fluctuaciones ambientales es importante para estabilizar la producción de cultivos en regiones y a través de los años. La información sobre la interacción genotipo por ambiente conduce al éxito para seleccionar una variedad estable, situación que puede y debe ser utilizada en todos los cultivos. El rendimiento es un carácter cuantitativo complejo que en gran medida está influenciado por el ambiente, la selección de genotipos superiores en base al rendimiento *per se* en una localidad en un año puede no ser muy eficaz. Por lo tanto, la evaluación de genotipos para determinar su estabilidad en rendimiento bajo diferentes condiciones del medio es esencial en los programas de mejoramiento genético. La comprensión de las causas de la interacción genotipo x ambiente puede ayudar a identificar los rangos y ambientes para obtener una buena variedad (Orona *et al.* 2013).

La adaptabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente (Gordón-Mendoza *et al.* 2006), para lo cual se evalúan variables de tipo morfológico y agronómico que caracterizan a cada accesión. Se entiende por caracterización a la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad; es decir, características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente (Ruiz *et al.* 2013).

Estas variables presentan características fenotípicas de fácil identificación visual o medición, tales como: actitud de la inflorescencia, altura de planta, días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, color de la inflorescencia y del grano, tipo de grano, peso hectolítrico y rendimiento, que permiten conocer la variabilidad cualitativa y cuantitativa de las accesiones y variedades. Conocer la similitud entre los individuos y las poblaciones es de gran utilidad en los programas de mejoramiento genético, pues permite, además de la organización del material, la selección adecuada de los genotipos superiores y la complementación con datos fenotípicos y agronómicos para el desarrollo de una población mejorada (Becerra y Paredes, 2000), citado por Ruiz *et al.* (2013). La disponibilidad de genotipos de alto rendimiento, posibilitará la incorporación de esta especie a los sistemas de producción agropecuaria de la región y su inclusión en la industria de alimentos como una fuente de proteína de alto valor biológico (Reinaudi *et al.* 2011).

OBJETIVOS

El objetivo general de la evaluación del amaranto en la provincia Santa Elena fue seleccionar las accesiones de amaranto de grano blanco que se adapten las condiciones agroclimáticas (mega térmico y semiárido) y al manejo agronómico de la zona.

Específicos:

Ciclo 2014

- ✓ Evaluar la respuesta de 226 accesiones de amaranto a las condiciones agro ecológicas del valle de la Javita, en la parroquia Colonche, Santa Elena.
- ✓ Identificar accesiones de amaranto que se adapten a las condiciones de suelo, clima y manejo del cultivo, con riego por goteo.
- ✓ Seleccionar las accesiones promisorias, por características deseables.

Ciclo 2015:

- Evaluar la adaptabilidad de 10 accesiones del banco de germoplasma y una variedad mejorada de amaranto, en base a la precocidad, resistencia a enfermedades, rendimiento y calidad de grano.
- Evaluar agronómicamente las 10 accesiones y la variedad mejorada en tres localidades, bajo riego por goteo.
- Identificar las mejores accesiones o variedad por rendimiento y calidad del grano.
- Analizar el contenido nutricional de las accesiones seleccionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los ciclos agrícolas 2014 y 2015. En el año 2014, se evaluaron 226 accesiones de amaranto de grano blanco.

En el año 2015, se evaluaron en tres localidades las 10 accesiones seleccionadas en el ciclo 2014, con el fin de identificar las mejores accesiones en función de la precocidad, resistencia a enfermedades, rendimiento, calidad de grano y contenido nutricional.

Accesiones del banco de germoplasma de amaranto del INIAP, 2014:

Se seleccionaron 226 accesiones del banco base de germoplasma de amaranto (*Amaranthus* spp), del INIAP a cargo del Dpto. Nacional de Recursos Fitogenéticos, con énfasis en el grano de color blanco o crema (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Código de identificación de 226 accesiones de amaranto de grano de color blanco o crema. 2014.

Nº	Identificación	Nº	Identificación	Nº	Identificación
1	ECU-10	77	ECU-2224	153	ECU-4756
2	ECU-11	78	ECU-2225	154	ECU-4758
3	ECU-12	79	ECU-2226	155	ECU-4759
4	ECU-13	80	ECU-2325	156	ECU-4760
5	ECU-14	81	ECU-2328	157	ECU-4761
6	ECU-15	82	ECU-2329	158	ECU-4762
7	ECU-19	83	ECU-2330	159	ECU-4763
8	ECU-20	84	ECU-2347	160	ECU-4764
9	ECU-21	85	ECU-2349	161	ECU-4765
10	ECU-113	86	ECU-2475	162	ECU-4766
11	ECU-114	87	ECU-2476	163	ECU-4767
12	ECU-115	88	ECU-2477	164	ECU-4768
13	ECU-116	89	ECU-2478	165	ECU-4769
14	ECU-117	90	ECU-2479	166	ECU-4770
15	ECU-119	91	ECU-3771	167	ECU-4771
16	ECU-120	92	ECU-3826	168	ECU-4772
17	ECU-121	93	ECU-3827	169	ECU-4774
18	ECU-138	94	ECU-3828	170	ECU-4775

Continuación Cuadro 2...					
19	ECU-143	95	ECU-3829	171	ECU-4776
20	ECU-145	96	ECU-3884	172	ECU-4777
21	ECU-146	97	ECU-4675	173	ECU-4780
22	ECU-147	98	ECU-4676	174	ECU-4781
23	ECU-150	99	ECU-4679	175	ECU-4782
24	ECU-151	100	ECU-4680	176	ECU-4783
25	ECU-152	101	ECU-4681	177	ECU-4786
26	ECU-153	102	ECU-4682	178	ECU-4787
27	ECU-154	103	ECU-4683	179	ECU-4788
28	ECU-155	104	ECU-4684	180	ECU-4789
29	ECU-156	105	ECU-4685	181	ECU-4790
30	ECU-157	106	ECU-4686	182	ECU-4791
31	ECU-159	107	ECU-4687	183	ECU-4792
32	ECU-160	108	ECU-4689	184	ECU-4793
33	ECU-161	109	ECU-4690	185	ECU-4797
34	ECU-163	110	ECU-4691	186	ECU-4798
35	ECU-164	111	ECU-4692	187	ECU-4799
36	ECU-165	112	ECU-4693	188	ECU-4800
37	ECU-166	113	ECU-4695	189	ECU-4801
38	ECU-167	114	ECU-4699	190	ECU-4802
39	ECU-168	115	ECU-4700	191	ECU-4804
40	ECU-170	116	ECU-4701	192	ECU-4806
41	ECU-176	117	ECU-4706	193	ECU-4808
42	ECU-177	118	ECU-4711	194	ECU-4809
43	ECU-178	119	ECU-4712	195	ECU-4810
44	ECU-179	120	ECU-4713	196	ECU-4811
45	ECU-181	121	ECU-4720	197	ECU-4812
46	ECU-182	122	ECU-4721	198	ECU-4813
47	ECU-183	123	ECU-4722	199	ECU-8453
48	ECU-184	124	ECU-4724	200	ECU-8456
49	ECU-185	125	ECU-4725	201	ECU-8458
50	ECU-186	126	ECU-4726	202	ECU-8459
51	ECU-187	127	ECU-4727	203	ECU-8460
52	ECU-188	128	ECU-4728	204	ECU-8462
53	ECU-190	129	ECU-4731	205	ECU-8463
54	ECU-191	130	ECU-4733	206	ECU-8465
55	ECU-192	131	ECU-4734	207	ECU-8466
56	ECU-194	132	ECU-4735	208	ECU-8467
57	ECU-195	133	ECU-4736	209	ECU-8468
58	ECU-197	134	ECU-4737	210	ECU-8469
59	ECU-199	135	ECU-4738	211	ECU-8473
60	ECU-202	136	ECU-4739	212	ECU-8474

Continuación Cuadro 2...					
61	ECU-207	137	ECU-4740	213	ECU-8475
62	ECU-208	138	ECU-4741	214	ECU-8476
63	ECU-212	139	ECU-4742	215	ECU-8478
64	ECU-2210	140	ECU-4743	216	ECU-8479
65	ECU-2212	141	ECU-4744	217	ECU-8481
66	ECU-2213	142	ECU-4745	218	ECU-8482
67	ECU-2214	143	ECU-4746	219	ECU-8483
68	ECU-2215	144	ECU-4747	220	ECU-8484
69	ECU-2216	145	ECU-4748	221	ECU-9073
70	ECU-2217	146	ECU-4749	222	ECU-9074
71	ECU-2218	147	ECU-4750	223	ECU-9075
72	ECU-2219	148	ECU-4751	224	ECU-9106
73	ECU-2220	149	ECU-4752	225	ECU-9107
74	ECU-2221	150	ECU-4753	226	ECU-12017
75	ECU-2222	151	ECU-4754		
76	ECU-2223	152	ECU-4755	Var.	INIAP Alegria

Ubicación del lote experimental, 2014:

El germoplasma se evaluó entre los meses de junio a septiembre del año 2014, en una finca de agricultor ubicada en Barbascal, parroquia Colonche, cantón Santa. El tipo de clima corresponde a un tropical megatérmico, semiárido, que presenta lluvias entre los meses de diciembre y abril. (Córdova y Carabajo, 2011). El suelo es de tipo arcilloso, el sistema de riego por goteo y el agua fue ligeramente salina, proveniente de pozos (INIAP 2014 (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Ubicación y características del sitio experimental en Colonche, 2014..

Característica	Descripción	
Ubicación	Provincia	Santa Elena
	Cantón	Santa Elena
	Parroquia	Colonche
	Localidad	Barbascal
	Altitud (m)	30
	Latitud (grados decimales)	02° 01' 03''
	Longitud (grados decimales)	80° 36' 06''
Clima	Zona*	Tropical mega térmico, semiárido seco
	Temperatura promedio (°C)*	26
	Precipitación media anual (mm)*	300
	Humedad relativa promedio (%)	60
Suelo	Topografía	Plano
	Tipo**	Arcilloso
	Contenido de nitrógeno (N)	Bajo
	Contenido de fósforo (P ₂ O ₅)	Medio
	Contenido de potasio (K ₂ O)	Alto
	pH	8 (ligeramente tóxico y salino)
	Materia orgánica (%)	2,6

Fuente: *Córdova y Carabajo, 2011. **Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas, INIAP 2014.

Parcela experimental:

La parcela experimental fue de un surco de 4 m de largo espaciado a 0,75 m, alternado con accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Área sembrada y tamaño de la unidad experimental. Colonche, 2014.

Número de unidades experimentales	226 parcelas
Tamaño de la unidad experimental	1 surco de 4 m x 0,75 m= 3 m ²
Área total del ensayo	678 m ²
Forma	Rectangular

Previamente los suelos fueron preparados usando maquinaria (arada y cruza). Una vez replanteado el ensayo bajo el esquema de riego por goteo (diseñado para maíz), se procedió a la siembra de 226 accesiones de amaranto. Se realizó la apertura de surcos simples de 4 m de largo, siguiendo la ubicación de las cintas de goteo dispuestas a 0,75 m entre sí, en los que se situó el fertilizante al fondo de los mismos, con una dosis de 100-60-20 kg/ha de N y P₂O₅ usando 18-46-00 y Urea (Peralta *et al.* 2014). La siembra se realizó en un surco por cada accesión a chorro continuo, con una densidad de siembra de 8 kg/ha; intercalado con germoplasma de quinua. Fue necesario realizar una deshierba manual (**Anexo 1**), la fertilización complementaria y dos aplicaciones de insecticidas para el control de plagas (hormiga a la germinación y larvas de lepidópteros en las primeras fases del crecimiento), (**Anexo 2**) La frecuencia de riegos varió entre 5 y 8 días, hasta la fase de grano pastoso.





Fotografías 4. Lote, sistema de riego, fertilización y distribución de semilla. 2014. (Fotos: E. Peralta).

Descriptores:

Se tomaron los datos de los siguientes descriptores, de acuerdo a lo propuesto por Sumar *et al.* (1983):

- ❖ Color de la panoja: 1. Blanco, 2. Amarillo, 3. Verde, 4. Rosada, 5. Parda, 6. Roja, 7. Púrpura, 8. Café dorado, 9. Naranja oscuro, 10. Otro (especificar)
- ❖ Forma de la panoja: 1. Glomerulada, 2. Amarantiforme
- ❖ Densidad de la panoja: 1. Laxa, 2. Intermedia, 3. Compacta
- ❖ Actitud de la inflorescencia terminal: 1. Erecta, 2. Semierecta, 3. Decumbente
- ❖ Color del grano: 1. Blanco, 2. Amarillo, 3. Naranja, 4. Café claro, 5. Café, 6. Rosado, 7. Negro, 8. Otro (especificar)
- ❖ Tipo de grano: 1. Translúcido, 2. Intermedio, 3. Opaco
- ❖ Días al panojamiento: Número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan formado la panoja.
- ❖ Días a la floración: Número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de cada parcela presenten flores en antesis.
- ❖ Días a la cosecha: Número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de cada parcela presenten madurez de cosecha.
- ❖ Altura de planta (cm): Tomado a la madurez de cosecha en 10 plantas al azar.
- ❖ Longitud de la panoja principal (cm): Registrado en la madurez fisiológica, midiendo desde la base hasta el ápice de la panoja en 10 plantas.
- ❖ Vigor de la planta: 1. Alto, 2. Intermedio

- ❖ Dehiscencia de la semilla: 1. Baja (menor al 10%), 2. Intermedia (10 a 50%), 3. Alta (mayor al 50%)
- ❖ Plantas acamadas: 1. Nada, 2. Poco, 3. Moderado, 4. Alto
- ❖ Rendimiento de semilla por planta: Promedio de al menos 10 plantas por parcela (g)
- ❖ Tamaño del grano: 1. Pequeño, 2. Mediano, 3. Grande





Fotografías 5. Panorámicas del lote de evaluación del germoplasma, fenotipos, toma de datos y cosecha. 2014. (Fotos: E. Peralta, M. Guamán).

Evaluación 2015:

Accesiones o líneas seleccionadas:

En el **Cuadro 5**, se presenta el código y el origen de las 10 accesiones o líneas seleccionadas en el año 2014.

Cuadro 5. Código y origen de 10 accesiones o líneas seleccionadas en Colonche, 2014.

Número	Línea/variedad	Origen
1	ECU 208	México
2	ECU 8453	México
3	ECU 4750	Argentina
4	ECU 195	Perú
5	ECU 4744	Bolivia
6	ECU 4712	México
7	ECU 4720	EEUU
8	ECU 8469	México
9	ECU 4713	México
10	ECU 9073	Chile

(INIAP. 2014)

Localidades:

Se identificaron tres agricultores colaboradores, ubicados en la parte baja de la represa San Vicente, en el valle del río Javita (**Cuadro 6**). En el **Cuadro 7** y **Anexos 1 y 2**, se presentan las características de clima, suelo y agua de las localidades de trabajo.

Cuadro 6. Localidades y datos de georreferencia para la evaluación de 10 accesiones y una variedad de amaranto. Colonche, 2015.

Localidad	Nombre	Altitud (m s.n.m.)	Latitud	Longitud
1	Río Nuevo	33	2° 0.6' 19"	80° 34' 46"
2	Limoncito	37	2° 0.45' 26"	80° 33' 84"
3	San Vicente	31	2° 0.40' 70"	80° 32' 83"

Cuadro 7. Características generales del clima, suelo y agua de la zona y lotes para ensayos. Colonche. 2015.

Zona climática:	*Tropical mega térmico semi árido seco
Temperatura promedio:	26°C
Precipitación media anual:	300 mm
Humedad relativa promedio:	60%
Topografía:	Plano
Tipos de suelo:	Arcilloso y arcillo-arenoso
Agua de riego:	Dulce, del embalse San Vicente

*Córdova y Carabajo. 2011.

Diseño Experimental:

El ensayo se sembró bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones en las localidades Limoncito, Río Nuevo y San Vicente de Colonche. Cada línea o variedad fue sembrada en parcelas de cuatro surcos de 4 m de largo x 0,75 m, con una densidad de siembra de 6 kg/ha. Se realizó el análisis de varianza y pruebas de significación (Tukey con un rango de confiabilidad del 95 %).

Manejo agronómico:

Previamente los suelos fueron preparados usando maquinaria (arada y cruza). La siembra se realizó el 16 y 17 de junio. En las localidades de Río Nuevo y El Limoncito la rotación fue con maíz y en San Vicente con pasto. Una vez replantado el ensayo bajo el esquema de riego por goteo (diseñado para maíz), se procedió a la siembra de los ensayos de amaranto. Se realizó la apertura de surcos simples, siguiendo la ubicación de las cintas de goteo dispuestas a 0,75 o 1,5 m entre sí, en los que se situó el fertilizante al fondo de los mismos. Se aplicó una fórmula de 100-60-30 kg/ha de N y P₂O₅ usando 18-46-00 y Urea (Peralta et al. 2014). La siembra de cada línea o accesión se realizó a golpes o sitios, junto al lugar de goteo. Se realizaron una deshierba manual (**Anexo 1**), la fertilización complementaria (50%) y una aplicación de abono foliar. Se requirió dos aplicaciones de insecticidas para el control de plagas (hormiga a la germinación, larvas de lepidópteros (**Anexo 2**) y trips en las primeras fases del crecimiento). El riego se realizó cada 8 días (igual que al maíz), hasta la fase de grano pastoso.



Fotografías 6. Lote de ensayo en Río Nuevo, fertilización y siembra. 2015.
(Fotos: E. Peralta).



Fotografías 7. Lote de ensayo en Limoncito, fertilización y siembra. 2015.
(Fotos: E. Peralta).



Fotografías 8. Lote de ensayo en San Vicente, fertilización y siembra. 2015.
(Fotos: E. Peralta).

Variables y método de evaluación. Colonche, 2015:

Variable	Método de evaluación
Días al panojamiento	Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas de la parcela presentaron la formación de panojas.
Días a la floración	Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta que por lo menos el 50% de plantas de la parcela presentaron flores abiertas o en anthesis.
Acame	Se observó y estimó el porcentaje de plantas acamadas o volcadas.
Altura de planta	Se registró a la madurez fisiológica en 10 plantas al azar por parcela neta, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la planta y expresando en centímetros.
Diámetro del tallo	Dato tomado en el tercio medio del tallo, a la madurez fisiológica, en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela y expresado en centímetros.
Longitud de la panoja	Dato registrado a la madurez fisiológica, en 10 plantas seleccionadas al azar, midiendo desde la base hasta el ápice y expresado en centímetros.
Diámetro de la panoja	Dato registrado a la madurez fisiológica, en 10 plantas seleccionadas al azar, midiendo en el tercio medio y expresado en centímetros.
Días a la madurez de cosecha	Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta que por lo menos el 50% de plantas de la parcela presentaron características de madurez de cosecha.
Rendimiento	Se cosecharon 50 panojas de la parcela neta y se expresó en g/planta.
Peso de mil semillas	Se pesaron 1000 semillas de cada una de los tratamientos y se determinó el promedio en gramos.
Número de semillas por gramo	Se pesó un gramo de cada una de las líneas y se procedió a contar el número de semillas.
Color del grano	Se utilizó una tabla de colores y se identificó el código de color y su descripción.
Tipo de grano	Por observación se determinó el tipo vítreo o sólido del grano.
Clasificación por tamaño de grano	Se realizó utilizando tamices de 1,18 mm (118 μ m) y 0,085 mm (850 μ m). Se tomó 200 g de muestra de la semilla y con la ayuda de un imán se retiraron las partículas ferrosas. Se pasó la muestra por los dos tamices experimentales y se pesó la cantidad de semilla retenida en cada uno de ellos y se expresó en porcentaje.
Diámetro del grano	Se midió con pie de rey y la medida se expresó en mm, promedio de 10 granos.
Masa hectolítrica	El dato se tomó con una balanza hectolítrica y se expresó en kg/hl
Rendimiento en grano reventado	Se tomó una muestra 5 g de cada tratamiento con 3 repeticiones y se procedió al reventado usando calor. Se tomó el peso del grano reventado y se expresó en %
Densidad del grano reventado	Se utilizó un matraz de 10 ml, colocando la muestra de grano reventado hasta la línea de aforo y se pesó en g, luego se aplicó la fórmula de densidad y el resultado se expresó en g/ml.
Análisis bromatológico	Muestras de 200 g de semilla de las líneas seleccionadas se enviaron al laboratorio para determinar el contenido de proteína, carbohidratos, grasa y minerales



Fotografías 9. Evaluación y cosecha del ensayo en Río Nuevo. 2015.
(Fotos: E. Peralta).



Fotografías 10. Evaluación y cosecha del ensayo en Limoncito, 2015.
(Fotos: E. Peralta y N. Mazón).



Fotografías 11. Evaluación y cosecha del ensayo en San Vicente. 2015.
(Fotos: E. Peralta).

RESULTADOS

Evaluación del banco de germoplasma de amaranto, 2014.

Se evaluaron 226 accesiones del banco base de germoplasma de amaranto (*Amaranthus* spp.) del INIAP, con énfasis en el grano de color blanco o crema.

Las frecuencias para las diferentes variables evaluadas se presentan en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Frecuencia de las variables morfológicas y agronómicas de las accesiones de amaranto evaluadas en Colonche, 2014.

Variable		Frecuencia	%
Color de la panoja	Verde	28	12,4
	Amarillo	12	5,3
	Naranja	5	2,2
	Rosado	24	10,7
	Rojo	2	0,9
	Púrpura	26	11,6
	Mezcla de colores	126	56,0
	Otro	2	0,9
	<i>Total</i>	<i>225</i>	<i>100,0</i>
Forma de la panoja	Amarantiforme	218	96,4
	Glomerulada	4	1,8
	Mezcla	4	1,8
	<i>Total</i>	<i>226</i>	<i>100,0</i>
Densidad de la panoja	Compacta	119	52,7
	Intermedia	97	42,9
	Laxa	10	4,4
	<i>Total</i>	<i>226</i>	<i>100,0</i>
Actitud de la inflorescencia	Erecta	160	70,8
	Semierecta	52	23,0
	Decumbente	14	6,2
	<i>Total</i>	<i>226</i>	<i>100,0</i>
Color del grano	Crema	108	49,5
	Amarillo	59	27,1
	Naranja	4	1,8
	Café	1	0,5
	Rosado	9	4,1
	Rubí	1	0,5
	Negro	1	0,5
	Mezcla de colores	35	16,1
<i>Total</i>	<i>218</i>	<i>100,0</i>	

Variable		Frecuencia	%
Tipo de grano	Traslúcido	81	37,0
	Opaco	119	54,3
	Mezcla	19	8,7
	<i>Total</i>	219	100,0
Días al panojamiento	Entre 28 y 34 días	95	42,4
	Más de 34 días	129	57,6
	<i>Total</i>	224	100,0
Días a la floración	Menos de 43	105	47,5
	De 44 a 52	45	20,4
	Más de 53	71	32,1
	<i>Total</i>	221	100,0
Días a la cosecha	Menos de 80	18	8,0
	Entre 81 y 90	82	36,3
	Más de 96	126	55,7
	<i>Total</i>	226	100,0
Altura de planta (cm)	Menos de 100	36	15,9
	De 100,1 a 140	62	27,4
	De 140,1 a 180	100	44,2
	De 180,1 a 220	23	10,2
	Más de 220,1	5	2,2
	<i>Total</i>	226	100,0
Longitud de la panoja (cm)	Menos de 30	111	49,1
	De 30,1 a 45	111	49,1
	Más de 45,1	4	1,8
	<i>Total</i>	226	100,0
Vigor de la planta	Alto	117	51,8
	Intermedio	109	48,2
	<i>Total</i>	226	100,0
Dehiscencia de la semilla	Baja	129	71,3
	Intermedia	52	28,7
	<i>Total</i>	181	100,0
Acame de plantas	Nada	42	18,7
	Poco	96	42,6
	Moderado	62	27,6
	Alto	25	11,1
	<i>Total</i>	225	100,0
Rendimiento (g/planta)	Menos a 10	127	58,2
	De 10,01 a 18	71	32,6
	De 18,01 a 26	15	6,9
	De 26,01 a 34	2	0,9
	Más de 34,01	3	1,4
	<i>Total</i>	218	100,0
Tamaño de grano	Pequeño	46	21,1
	Mediano	140	64,2
	Grande	32	14,7
	<i>Total</i>	218	100,0

Fuente: (INIAP 2014, Peralta *et al.* 2015)

La mayoría de las accesiones de la colección de amaranto de grano blanco corresponden a poblaciones (no son materiales homogéneos, posibles cruza, mezcla mecánica o varietal de semilla), lo cual se refleja en el 56% de las entradas que presentan plantas con diferente color de panoja (**Figura 4, Cuadro 8**). El 96% de las entradas presentan panojas amarantiformes, el 53% tienen panojas compactas y el 71% de las entradas presentan panojas erectas (INIAP, 2014, Peralta *et al.* 2015).

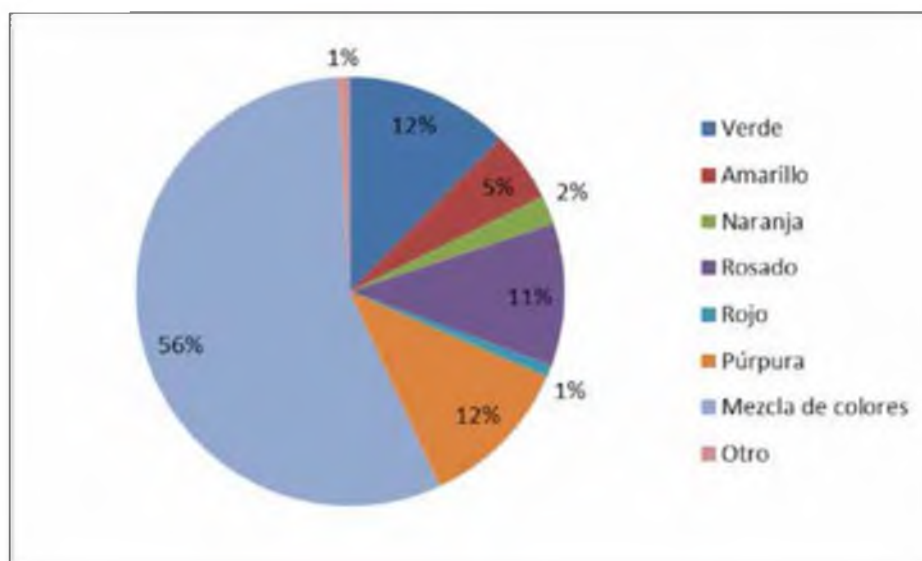


Figura 4. Frecuencia para color de la panoja de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Colonche, 2014.

Para la evaluación en Santa Elena, se priorizaron las accesiones de amaranto de grano de color claro, por lo cual es evidente que predomina el germoplasma con grano crema y amarillo (80% del total) (**Figura 5**).

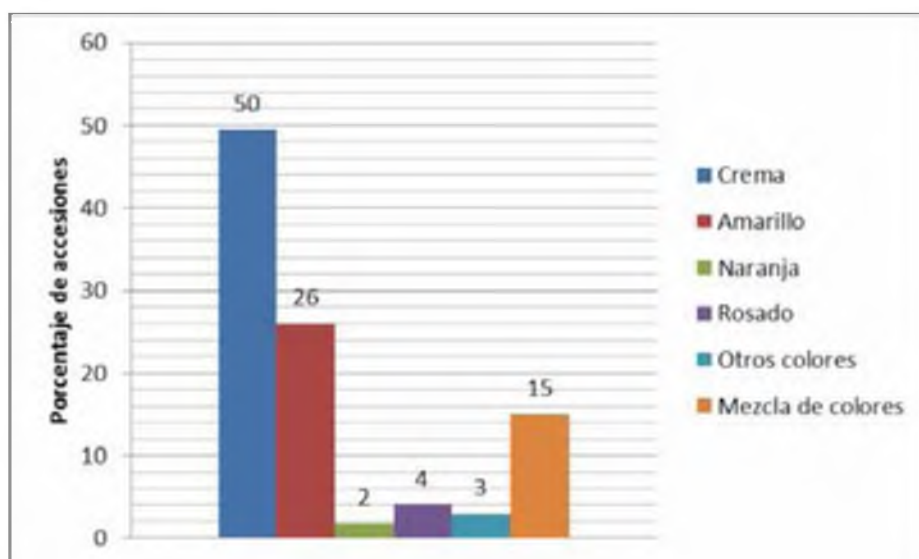


Figura 5. Frecuencia para color del grano de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Colonche, 2014.

Dos características importantes para el manejo y la productividad del amaranto son la densidad de la panoja y la actitud de la inflorescencia. La mayoría de las accesiones evaluadas presentan valores favorables para estos descriptores (**Figura 6, Cuadro 8**).

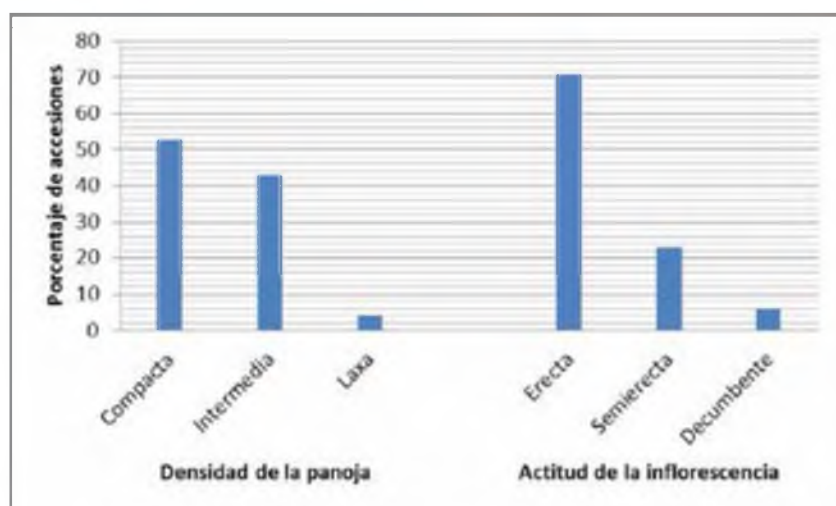


Figura 6. Frecuencia para densidad de la panoja y actitud de la inflorescencia de la colección de germoplasma de amaranto evaluado en Colonche, 2014.

Alrededor del 44% de las accesiones evaluadas están listas para la cosecha antes de los 90 días después de la siembra, característica favorable para los agricultores por la disminución del riesgo en campo y la posibilidad de realizar varias siembras en un mismo ciclo de cultivo. Cerca del 90% de las accesiones presentan promedios de altura de planta menores o hasta 180 cm, lo cual es importante considerar, pues plantas muy altas presentan más acame y se dificulta su cosecha. En el amaranto, un componente del rendimiento es el tamaño de la panoja y el 50% de las accesiones presentan promedios de tamaño de panoja superiores a 30 cm. El 40% de las accesiones, en las condiciones agroclimáticas de Santa Elena, presentan un potencial de rendimiento superior a 10 g/planta (**Cuadro 8**).

De acuerdo al rendimiento por planta, precocidad, color de grano, tamaño del grano y altura de planta, se seleccionaron 10 accesiones de amaranto para continuar con su evaluación en diferentes localidades de la provincia de Santa Elena (**Cuadro 9**).

Cuadro 9. Accesiones de amaranto seleccionadas en Colonche, 2014.

ECU	ORIGEN	CP	DP	AI	AP	LP	DC	A	RP	CG	TG	PG
208	México	Amarillo	1	1	181,8	30,5	95	2	36,15	1	2	2
8453	México	Amarillo rosado	1	2	174,8	31,6	95	2	29,55	1	2	3
4750	Argentina	Mixtura	1	1	173,5	32,7	85	2	26,60	1	2	3
195	Perú	Rosado	2	1	223,9	38,7	85	3	25,13	1	2	3
4744	Bolivia	Verde rosado	1	1	184,3	43,1	105	1	24,33	1	1	2
4712	México	Amarillo	1	2	161,5	31,2	95	2	22,54	1	2	2
4720	EEUU	Amarillo	1	2	131,2	23	95	1	21,99	1	2	2
8469	México	Amarillo	1	2	129,9	22,5	95	1	21,10	1	2	2
4713	México	Amarillo	1	2	135,1	21,9	95	1	19,59	1	2	2
9073	Chile	Rojo	2	2	122,6	20,9	90	2	18,00	1	2	2

ECU: número de accesión; CP: color de panoja; DP: Densidad de la panoja (1 compacta, 2 intermedia, 3 laxa); AI: Actitud de la inflorescencia (1 erecta, 2 semierecta, 3 decumbente); AP: Promedio altura de planta; LP: Promedio longitud de la panoja; DC: Días a la cosecha; A: Acame (3 alto, 2 medio, 1 poco); RP: Rendimiento por planta; CG: Color de grano; TG: Tipo de grano (1 translúcido, 2 intermedio); PG: Tamaño del grano (1 pequeño, 2 mediano, 3 grande).

Evaluación de 10 accesiones seleccionadas de amaranto, 2015.

Durante el ciclo de cultivo se registraron datos de variables fenológicas, agronómicas y de calidad de grano. Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza y pruebas de significación (Tukey con un rango de confiabilidad del 95 %).

El crecimiento y el desarrollo del cultivo no fue uniforme en las tres localidades, observándose mayor vigor en las localidades Limoncito y Río Nuevo. En San Vicente el cultivo fue afectado por la no oportuna preparación del suelo, mayor incidencia de malezas y menor fertilidad del mismo. Con relación a las accesiones y variedad de amaranto evaluadas, la adaptación de la variedad INIAP Alegría y de la accesión ECU-4744 fue errática, sobre todo en San Vicente, en donde no fue posible obtener ningún dato de estos dos materiales. Es importante señalar también, que el manejo del cultivo (aplicación de riego, deshierba, control de plagas, etc.) no fue el mismo en las tres localidades, pues este dependió de las facilidades e interés de cada uno de los agricultores.

Los datos obtenidos y los resultados del análisis estadístico muestran pocas diferencias entre las accesiones de amaranto, lo cual no es muy sorprendente porque en el año 2014 fueron seleccionadas en función de sus características agronómicas favorables para el ambiente de Santa Elena. El análisis de varianza sólo mostró diferencias estadísticas significativas entre accesiones para días al panojamiento en las localidades Río Nuevo y Limoncito; para diámetro de la panoja en Río Nuevo; y para rendimiento en Limoncito (**Cuadro 10**). El análisis combinado para rendimiento sólo reflejó diferencias estadísticas para localidades.

Con relación al ciclo de cultivo, las accesiones de amaranto y la variedad, en promedio presentaron el panojamiento a los 44 días (**Cuadro 11**), la floración a los 64 y la cosecha a los 84 días. En base a esta información es probable que en un mismo terreno, en un año se pudieran obtener al menos dos cosechas de amaranto.

Cuadro 10. Análisis de varianza para las variables que mostraron diferencias estadísticas entre 10 accesiones y una variedad de amaranto en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio								
		Días al panojamiento			Diámetro de la panoja (cm)			Rendimiento (g/planta)		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Total	32									
Accesiones	10	75,68**	68,42**	6,84 ^{ns}	131,00**	229,18 ^{ns}	5,93 ^{ns}	55,85 ^{ns}	167,74*	6,84 ^{ns}
Repeticiones	2	11,03 ^{ns}	2,39 ^{ns}	6,37 ^{ns}	160,48*	219,12 ^{ns}	85,52**	67,43 ^{ns}	14,89 ^{ns}	10,15 ^{ns}
Error experimental	20	2,93	12,53	5,62	37,99	128,1	12,41	32,12	70,97	10,03
Promedio		43	42	49	35,6	44,8		16,9	22,4	11,9
Coefficiente de variación (%)		3,97	8,38	4,82	17,29	25,26	10,1	33,63	37,68	26,55

^{ns} no significativo estadísticamente * significativo al 95% ** significativo al 99%

Cuadro 11. Promedio para días al panojamiento, altura de planta, diámetro del tallo, de 10 accesiones y una variedad de amaranto evaluada en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.

Accesión / variedad	Días al panojamiento			Altura de planta (cm)			Diámetro del tallo (mm)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
ECU-4744	32	30	-	178,1	192,0	-	12,9	13,1	-
INIAP Alegría	35	39	-	191,5	191,1	-	12,4	16,3	-
ECU-8469	44	41	48	179,5	221,2	118,3	13,2	17,3	14,6
ECU-195	44	40	48	204,9	213,3	119,5	14,8	16,2	11,0
ECU-8463	44	41	47	180,2	205,8	122,1	13,8	17,3	11,2
ECU-4750	45	46	49	189,8	206,1	113,3	13,4	16,3	10,7
ECU-208	45	45	47	189,3	216,0	115,7	15,1	19,6	12,3
ECU-9073	46	43	51	220,1	233,4	119,5	19,4	20,8	11,3
ECU-4712	46	45	50	181,4	191,8	115,7	19,2	18,0	11,7
ECU-4720	47	46	51	168,5	199,5	109,3	13,1	16,1	11,0
ECU-4713	47	47	50	196,6	195,8	116,2	14,3	16,5	11,9

Con relación a la altura de planta, el promedio general es de 170,7 cm. En la localidad Limoncito se observa el promedio más alto (**Figura 7, Cuadro 11**) y la accesión ECU-9073 presenta el promedio más alto de las tres localidades, sin incluir la variedad Alegría y la accesión ECU-4744, debido a que no se obtuvo información en la localidad San Vicente de estos dos materiales .

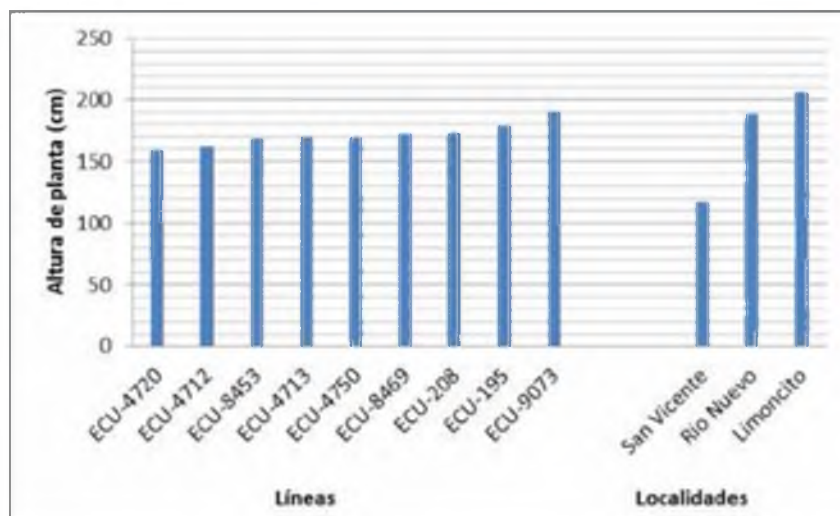


Figura 7. Promedio de altura de planta por accesiones (líneas) y por localidad. Colonche, Santa Elena, 2015.

Cuadro 12. Promedio para longitud de la panoja, diámetro de la panoja y rendimiento de 10 accesiones y una variedad de amarantos evaluados en las localidades Río Nuevo (L1), Limoncito (L2) y San Vicente (L3). Colonche, 2015.

Accesión / variedad	Longitud de la panoja (cm)			Diámetro de la panoja (cm)			Rendimiento (g/planta)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
ECU-4744	41,4	42,7	-	25,0	27,6	-	9,8	9,7	-
INIAP Alegría	38,1	41,3	-	27,1	31,7	-	11,2	10,7	-
ECU-8469	34,5	41,2	30,2	37,5	48,2	36,0	20,9	29,7	11,8
ECU-195	35,6	35,2	28,4	44,4	43,9	34,7	21,3	17,4	10,7
ECU-8453	32,1	36,3	29,7	36,8	48,5	35,1	15,6	21,6	11,8
ECU-4750	32,8	35,3	27,4	36,6	48,0	33,8	15,4	22,9	10,4
ECU-208	35,5	46,4	28,6	33,5	54,2	33,7	19,7	21,6	11,6
ECU-9073	40,8	41,6	29,5	47,9	55,2	37,1	22,7	24,7	15,1
ECU-4712	32,8	39,3	28,5	34,0	51,4	35,4	14,9	29,9	12,8
ECU-4720	27,8	37,6	26,1	32,6	43,1	32,4	13,9	33,0	10,4
ECU-4713	31,9	35,8	28,9	36,6	41,1	35,8	20,0	24,9	12,9

El tamaño de la panoja (longitud y diámetro) es un importante componente del rendimiento del amaranto. El promedio general de la longitud de la panoja es de 34 cm, destacándose las accesiones ECU-208 y ECU-9073 con un promedio de 37 cm; y entre las localidades, el mayor promedio es para Limoncito con 39 cm (**Figura 8, Cuadro 12**).

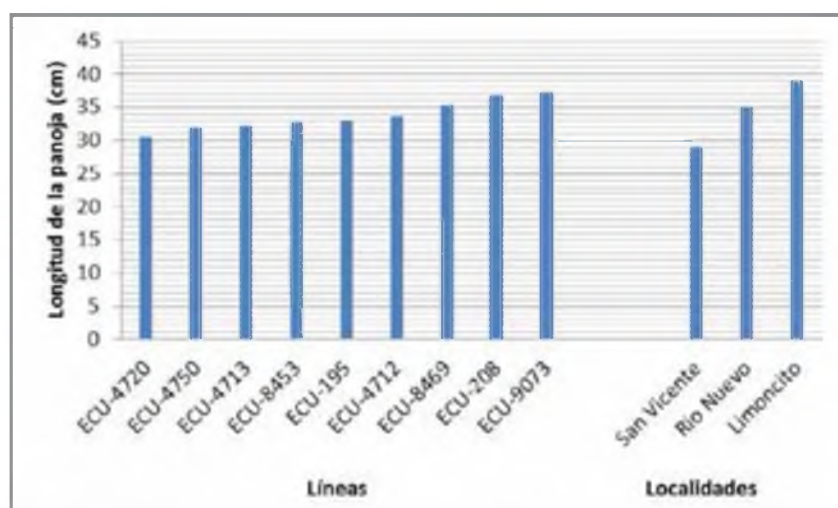


Figura 8. Promedio de longitud de panoja por accesiones (líneas) y por localidad. Colonche, 2015.

El promedio del diámetro de la panoja es de 39 cm, destacándose la accesión ECU-9073 con 47 cm de promedio y la localidad Limoncito con un promedio de 45 cm (**Figura 9, Cuadro 12**). Es importante resaltar que la accesión ECU-8469 presenta promedios altos para la longitud y diámetro de la panoja en la localidad San Vicente, considerando que en este sitio se presentaron las condiciones menos favorables para el normal desarrollo del cultivo (**Cuadro 12**).

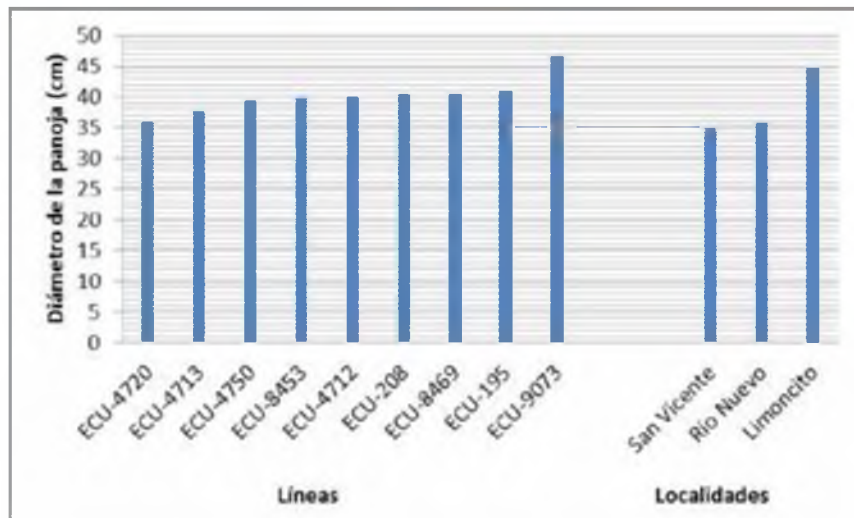


Figura 9. Promedio del diámetro de panoja por accesión (líneas) y por localidad. Colonche, 2015.

El promedio general para rendimiento es de 17 g/planta y las accesiones ECU-8469 y ECU-9073 presentan el promedio más alto con 21 g/planta (**Figura 10, Cuadro 12**). La accesión ECU-4713 se ubica en las tres localidades entre las líneas con el mayor promedio de rendimiento por planta; mientras que las líneas ECU-4712, ECU-8469 y ECU-9073 están entre las más rendidoras en dos localidades y la ECU-4720 y ECU-195 en una sola localidad (**Cuadro 12**).

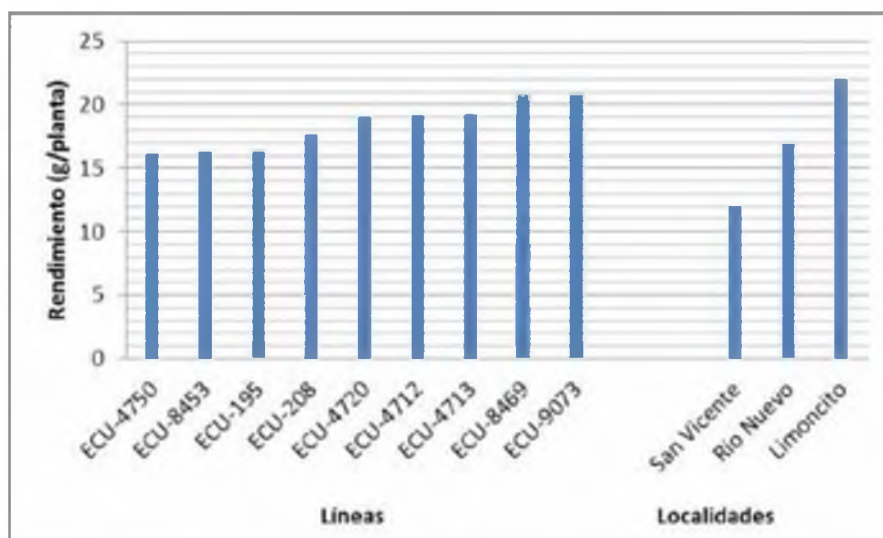


Figura 10. Promedio del rendimiento por planta para accesiones (líneas) y localidades. Colonche, 2015.

El análisis bromatológico se realizó con seis accesiones (las que presentaron los mejores promedios para las diferentes variables) y la variedad INIAP Alegría. La accesión ECU-208 es interesante, pues presenta los valores más altos para el contenido de minerales, proteína, calcio, fósforo, magnesio y hierro; la ECU-8469 presenta los valores más altos para el contenido de potasio y zinc (**Cuadro 13**).

Cuadro 13. Análisis bromatológico de seis accesiones y una variedad de amaranto. Colonche, 2015.

Elemento	Accesión/variedad						INIAP Alegría	Promedio
	ECU 9073	ECU 8469	ECU 4713	ECU 4712	ECU 4720	ECU 208		
Humedad (%)	9,88	11,89	13,21	13,63	9,67	14,46	10,27	11,85
Minerales (%)	3,00	2,71	2,97	3,06	2,92	3,27	2,88	2,97
Grasa (%)	5,37	4,35	5,41	4,99	5,35	5,32	4,72	5,07
Proteína (%)	17,4	17,2	16,1	18,3	15,9	18,2	16,2	17,0
Fibra (%)	6,02	5,1	5,31	5,78	6,74	5,75	4,42	5,6
Carbohidratos (%)	68,2	70,6	70,22	67,91	69,05	67,47	71,84	69,32
Ca (%)	0,09	0,09	0,1	0,1	0,1	0,11	0,08	0,09
P (%)	0,75	0,7	0,78	0,78	0,73	0,91	0,71	0,76
Mg (%)	0,22	0,22	0,22	0,24	0,22	0,25	0,2	0,22
K (%)	0,89	0,97	0,84	0,85	0,82	0,89	0,95	0,09
Na (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cu (ppm)	8	7	6	6	6	7	4	6,32
Fe (ppm)	90	96	91	107	97	107	69	93,9
Mn (ppm)	38	24	30	37	31	39	40	34,1
Zn (ppm)	30	39	33	33	31	36	25	32,39

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, EESC. 2015.

En cuanto al análisis de la calidad del grano, de acuerdo al porcentaje de grano de primera sobresalen las accesiones ECU-9073, ECU-4750, ECU-4720 y ECU-208 por presentar el mejor tamaño del grano. Las líneas ECU-4712, ECU-4720, ECU-8453 y ECU-8469 presentan el mayor diámetro de la semilla. La variedad INIAP Alegría y las accesiones ECU-4712, ECU-208 y ECU-4720 presentan el mayor porcentaje de grano reventado. Por densidad de reventado sobresalen la variedad INIAP Alegría, ECU-9073, ECU-4744 y ECU-4712, por el mejor peso obtenido. (**Cuadro 14**).

Para caracterizar el color del grano se usó una tabla de colores de Kornerup y Wanscher (1983), con la que se determinó el código y la descripción del mismo. Todas las accesiones presentan un color amarillo, variando en claro, pálido, miel, pajizo, sólido o vítreo; características que comúnmente se identifican como grano blanco o crema (**Cuadro 14**).

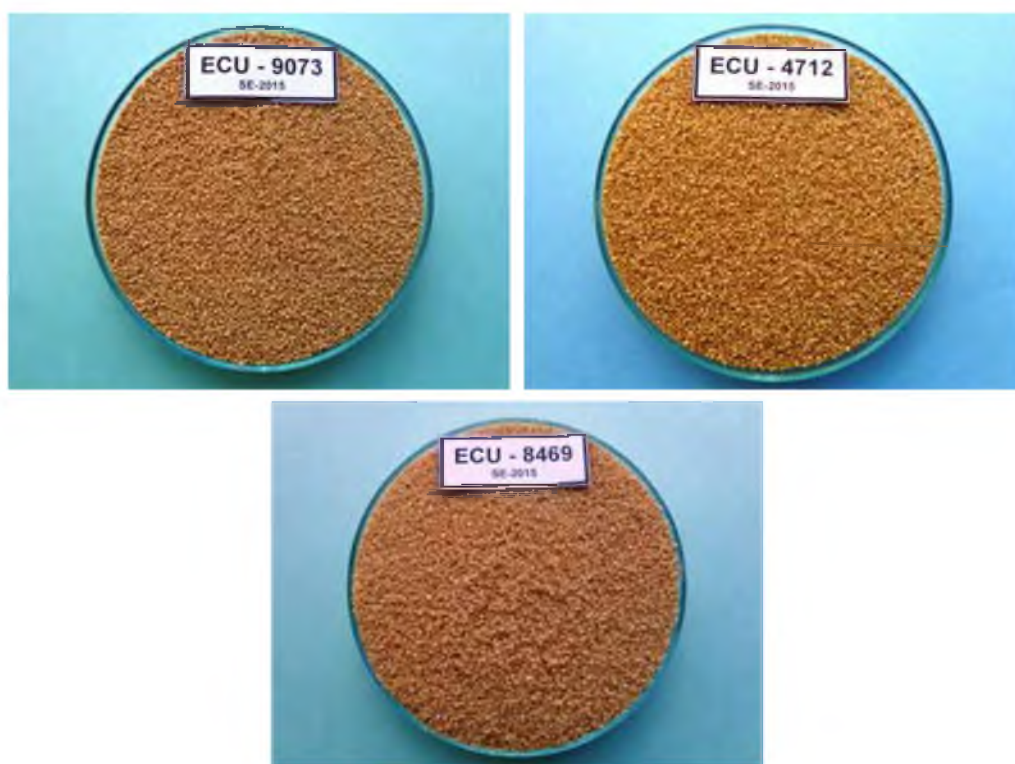
Previo a la clasificación del grano por tamaño, se pasó un imán por las muestras de grano, comprobándose la presencia de partículas de hierro o ferrosas, mismas que probablemente provienen del campo o de la labor de trilla; variando el porcentaje entre 0,01 y 1,01 (**Cuadro 14**). Para clasificar el grano limpio, se utilizaron tamices experimentales. El 90% de las líneas y la variedad produjeron grano de primera, con el 88 y 96,5% de extracción. La característica del tamiz usado fue Mesh 20 u 850 µm (**Cuadro 14**).

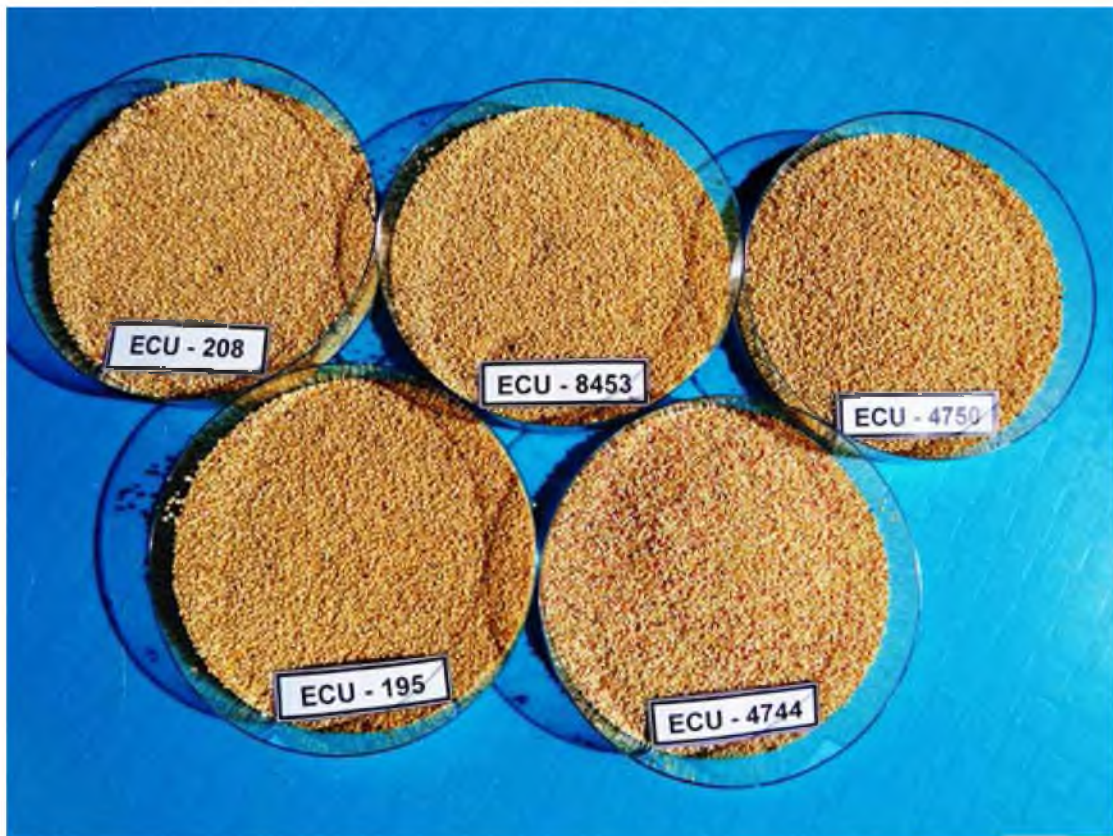
El número de semillas por gramo varió entre 1234 y 1574 y el peso de mil semillas varió entre 0,65 y 0,80 gramos (**Cuadro 14**). La forma de la semilla fue categorizada como redonda.

Cuadro 14. Color del grano (CG), masa hectolítrica (MH), tamaño del grano (TG), diámetro de la semilla (DS), peso de mil semillas (PMS), número de semillas por gramo (NSG), porcentaje de grano reventado (PGR) y densidad de reventado (DR) de 10 accesiones y una variedad de amaranto evaluadas en Colonche, 2015.

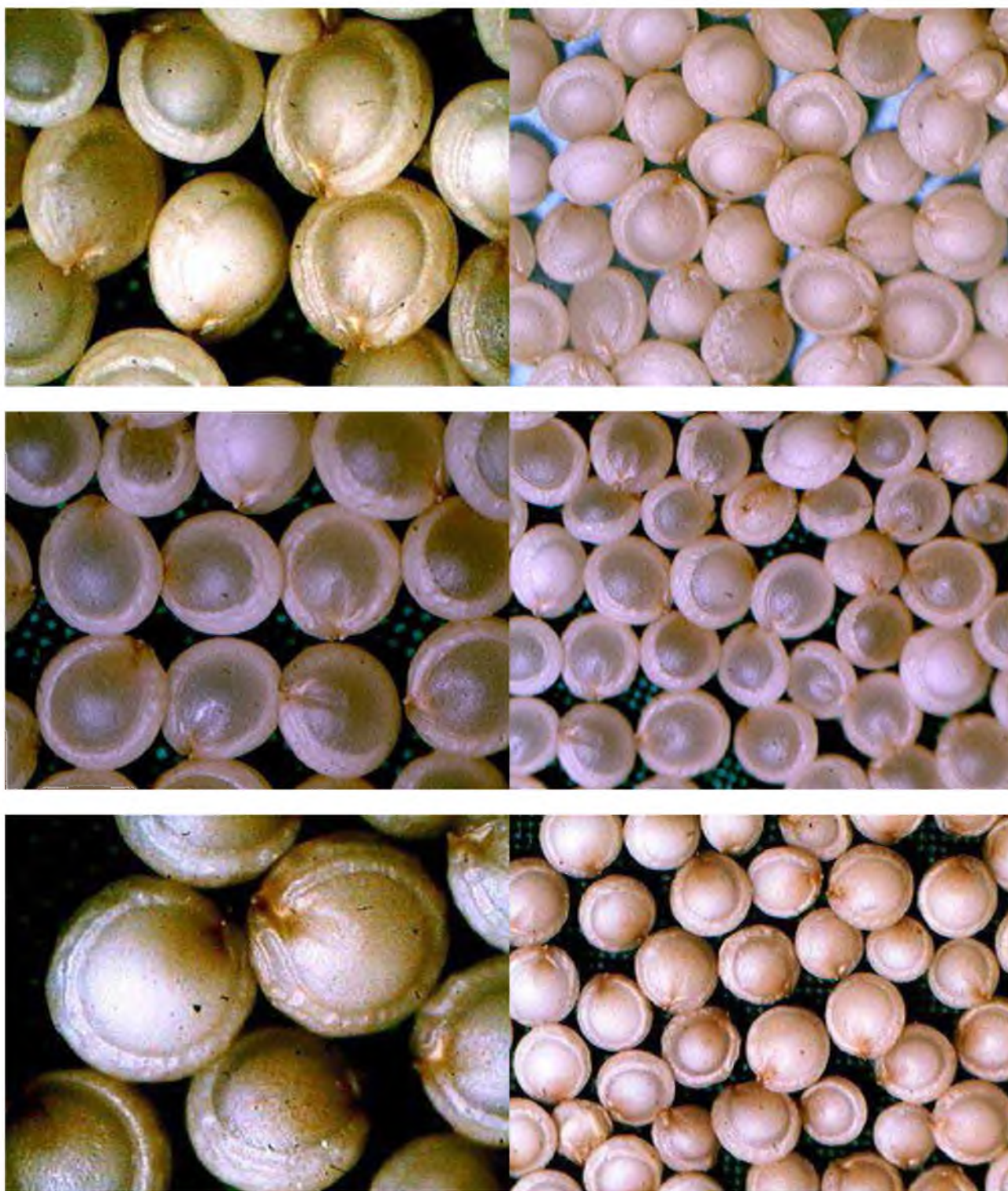
Accesión/ variedad	CG*	MH	TG				DS (mm)	PMS (g)	NSG	PGR	DR (g/ ml)
			% pri- mera	% se- gunda	% impure- zas	% partícu- las hierro					
ECU-208	amarillo pajizo sólido	82,7	93,0	5,2	1,8	0,06	1,07	0,66	1574	93,2	0,14
ECU-8453	amarillo claro sólido	83,4	91,8	5,0	2,2	1,01	1,12	0,65	1473	91,1	0,11
ECU-4750	amarillo pajizo sólido	83,4	94,5	4,4	1,0	0,01	1,05	0,72	1442	82,9	0,15
ECU-195	amarillo pajizo vítreo	83,7	92,4	7,2	0,4	0,06	0,99	0,73	1476	82,9	0,11
ECU-4744	amarillo pálido, rosado, mezcla vítreo y sólido	84,5	91,2	5,5	3,2	0,02	0,99	0,73	1532	82,3	0,17
ECU-4712	amarillo claro sólido	81,7	70,7	27,9	1,3	0,08	1,17	0,66	1496	93,6	0,17
ECU-4720	amarillo pálido sólido	82,6	93,7	5,4	0,5	0,29	1,17	0,78	1483	92,9	0,12
ECU-8469	amarillo miel vítreo	83,0	92,0	7,3	0,7	0,01	1,12	0,80	1234	92,5	0,13
ECU-4713	amarillo miel vítreo	82,4	87,9	11,3	0,8	0,02	1,09	0,73	1275	92,1	0,11
ECU-9073	amarillo pajizo sólido	84,4	96,5	2,7	0,8	0,03	0,99	0,70	1411	92,2	0,17
INIAP Alegria	amarillo claro sólido	84,2	92,2	6,4	1,3	0,1	1,07	0,76	1508	94,2	0,18

* Fuente: Kornerup y Wanscher 1983.





Fotografías 12. Fenología del grano seco de 10 accesiones de amaranto evaluadas en Santa Elena. 2015. (Fotos: E. Peralta).



Fotografías 13. Grano de amaranto (ECU-9073, ECU-8469, ECU-4713), de tipo sólido y vítreo, vistos al estéreo microscopio. 2015. (Fotos: L. Vega y E. Peralta).

En resumen, a continuación se presentan las características agronómicas de las 10 accesiones y una variedad de amaranto evaluadas en tres localidades de la provincia Santa Elena (**Cuadro 15**).

Cuadro 15. Promedio de días al panojamiento (DP), altura de planta (AP), longitud de la panoja (LP), diámetro de la panoja (Dp), color de la panoja (CP) y rendimiento (g/planta) de accesiones y variedades de amaranto evaluadas en tres localidades de Colonche, 2015.

Línea/variedad	DP	AP (cm)	LP (cm)	Dp (cm)	CP	g/planta
ECU-208	46	173,7	36,8	40,5	verde claro, amarillo, crema	17,6
ECU-8453	44	169,4	32,7	40,1	mixtura verde/rojo	16,3
ECU-4750	47	169,7	31,8	39,5	mixtura rojo/amarillo (variegada)	16,2
ECU-195	44	179,2	33,1	41,0	rosada	16,5
ECU-4744	31	185,1	42,1	26,3	rosada	9,8
ECU-4712	47	163,0	33,5	40,3	verde claro, amarillo	19,2
ECU-4720	48	159,1	30,5	36,0	verde claro, amarillo	19,2
ECU-8469	44	173,0	35,3	40,6	verde claro, crema	20,8
ECU-4713	48	169,5	32,2	37,8	amarillo	19,3
ECU-9073	47	191,0	37,3	46,7	rojo	20,8
INIAP Alegría	37	191,3	39,7	29,4	rosado	11,0

Finalmente, frente el interés de los agricultores colaboradores en las evaluaciones y de los vecinos de las localidades por conocer la planta, el cultivo y su uso, se ofreció un día de campo demostrativo en el cual se compartió los resultados alcanzados, la labor de trillado y una degustación con algunos platos preparados con amaranto (**Anexo 5**).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de dos ciclos de cultivo, de acuerdo al vigor, ciclo de cultivo, rendimiento y otras variables, de las accesiones evaluadas; se puede concluir que las condiciones agroecológicas de la Península de Santa Elena son favorables para el cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.), bajo riego por goteo.

En base al rendimiento por planta, precocidad, color de grano, tamaño del grano y altura de planta, fueron seleccionadas 10 accesiones del banco de germoplasma para ser evaluadas en el siguiente ciclo agrícola.

La evaluación agronómica de las accesiones seleccionadas, utilizando un diseño experimental, repeticiones y localidades; permitió disponer de datos preliminares confiables, sobre la adaptabilidad y potencial del amaranto en las condiciones de suelo y clima costanero, bajo riego.

Por los resultados observados, existe seguridad de que el amaranto es una buena alternativa de cultivo, producción, consumo y de generación de ingresos para los agricultores de Santa Elena; es decir existe un gran potencial para este cultivo y alimento en esta provincia. En general se observa una mejor adaptabilidad de las accesiones o líneas que probablemente correspondan a la especie *Amaranthus cruentus* L. (se adaptan mejor a condiciones tropicales), que la variedad INIAP Alegría y línea ECU-4744 que corresponden a *A. caudatus* (mejor adaptada a los valles interandinos). La variedad INIAP Alegría presentó mucha inconsistencia, es decir mostró buen crecimiento y desarrollo en el ciclo 2014, no así en el 2015.

El manejo agronómico de los ensayos de líneas promisorias (riego, deshierba, control de plagas) se realizó en función de las prácticas de los agricultores colaboradores. Para ellos fue un cultivo totalmente nuevo; por esta razón, el manejo no fue uniforme y se refleja en los datos y en los resultados de los análisis estadísticos. La frecuencia de riego usada en el cultivo de maíz (cada ocho días), no fue la mejor para amaranto, las plantas crecieron en exceso y el viento causó volcamiento de plantas en dos localidades.

El interés de los agricultores colaboradores para disponer de alternativas de cultivo, consumo y mercado, fue evidente. En el futuro se puede fortalecer la asociatividad presente y apoyar el fomento del cultivo y el uso del amaranto.

Para identificar, seleccionar e impulsar la producción y uso de las variedades mejoradas de amaranto que mejor se adapten a las condiciones agroecológicas de la provincia de Santa Elena, es necesario continuar con la evaluación de los materiales genéticos en un mayor número de localidades y con la participación de más agricultores.

A la vez, se debe realizar investigaciones para determinar la mejor época de siembra (diciembre-enero, ciclo de lluvias y calor o mayo-junio, ciclo seco y frío), distancia y densidad de siembra, niveles de fertilización, control de malezas, control de plagas, frecuencia y cantidad de agua de riego, cosecha, pos cosecha, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, A.; Escobedo, D.; Cortés, L.; Espitia, E. 2012. El cultivo del amaranto en México, descripción de la cadena, implicaciones y retos. *In* Espitia E. (ed). Amaranto: ciencia y tecnología. Celaya, México, INIFAP/SINAREFI. p. 319-330 (Libro Científico No. 2).
- Córdova, G.; Carabajo, A. 2011. Evaluación ecológica rápida y plan de manejo de los recursos biológicos para el proyecto trasvase desde el canal de Chongón-sube y baja al embalse de San Vicente, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. Tesis de Biólogo. Cuenca, Ecuador, Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Biología y Medio Ambiente. p. 35.
- Espitia, E.; Mapes, C.; Escobedo, D.; De la O, M.; Rivas, P.; Martínez, G.; Cortés, L.; Hernández, J. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. Celaya, Guanajuato, México, INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro. 201 p.
- GADPSE (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Santa Elena, Ecuador). 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2021 del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena, Tomo II, participación ciudadana y diagnóstico estratégico. Santa Elena, Ecuador, Fundación Santiago de Guayaquil. 296 p.
- GADPC (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Colonche, Ecuador). 2015. Parroquia Colonche (en línea). Consultado 13/08/2015. Disponible en: http://colonche.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=83.
- GADPSE (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena, Ecuador). 2015. Provincia de Santa Elena (en línea). Consultado 13/08/2015. Disponible en: <http://www.santaelena.gob.ec/index.php/santa-elena>.
- Gordillo, O. 2009. Ecología del Ecuador (en línea). Consultado 15/08/2015. Disponible en: <http://ogordillo.blogspot.com/2008/09/ecologia-para-estudiantes-de-turismo.html>
- Gordón, R.; Camargo, I.; Franco, J.; González, A. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17 (2): 189-199.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). 2014. Informe Técnico Anual 2014. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 89 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). 2015. Informe Técnico Anual 2015. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 129 p.
- Kornerup, A.; Wanscher, J. 1983. *Methuen handbook of colour*. 3 ed. London, Great Britain. 252 p.
- Martín, F.; Telek, L. 1979. Amaranto y celosía: vegetales para los trópicos húmedos y cálidos. Mayagüez, Puerto Rico, Instituto de Agricultura Tropical. 23 p.
- MCSE (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Ecuador). 2014. El Traspase Chongón – San Vicente garantiza acceso al agua a Santa Elena (en línea). Consultado: 18-08-2015. Disponible en: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/el-traspase-chongon-san-vicente-beneficia-a-85-mil-habitantes-de-santa-elena/>.
- Monteros, C.; Nieto, C.; Caicedo, C.; Rivera, M.; Vimos, C. 1994. “INIAP-ALEGRÍA”, primera

- variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cultivos Andinos. 24 p. (Boletín divulgativo No. 246).
- Mujica, Á.; Bert, M.; Izquierdo, J. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.), producción, mejoramiento genético y utilización. Roma, Italia, Oficina Regional de FAO. 145 p.
- Nieto, C. 1989. El cultivo del amaranto *Amaranthus* spp, una alternativa agronómica para Ecuador. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cultivos Andinos. 15 p. (Publicación Miscelánea No. 52).
- Orona, F.; Medina, J.; Cauich, T.; Rocha, J.; León, I. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. **YTON**. Buenos Aires, Argentina, Fundación Rómulo Raggio, Revista Internacional de Botánica Experimental.
- Peralta, E.; Mazón, N.; Murillo, Á.; Rodríguez, D.; Domínguez, D.; Mina, D. 2015. Evaluación de 226 accesiones de amaranto (*Amaranthus* spp.) en las condiciones agroecológicas de la península de Santa Elena, Ecuador. *In* Resúmenes y Memorias V Congreso Mundial de la Quinoa y II Simposio Internacional de los Granos Andinos. Jujuy, Argentina. p. 234.
- Peralta, E.; Mazón, N.; Murillo, Á.; Rodríguez, D. 2014. Manual agrícola de granos andinos (chocho, quinua, amaranto y ataco): cultivos, variedades, costos de producción. 4 ed. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. p. 49-57 (Publicación miscelánea No. 69).
- Peralta, E.; Mazón, N.; Murillo, Á.; Villacrés, E.; Rivera, M. 2013. Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua, amaranto y sangorache. 3 ed. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 28 p. (Publicación miscelánea No. 151).
- Peralta, E. 2012. Amaranto y ataco: preguntas y respuestas. 2 impr. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 8 p. (Boletín divulgativo No. 359).
- Peralta, E.; Villacrés, E.; Mazón, N.; Rivera, M.; Subía, C. 2008. El ataco, sangorache o amaranto de grano negro (*Amaranthus hybridus* L.) en Ecuador. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 63 p. (Publicación miscelánea No. 143).
- Peralta, E. 1985. Situación del amaranto en Ecuador. El Amaranto y su Potencial. Boletín No. 2. 3-4. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Guatemala, INCAP.
- Reinaudi, N.; Repollo, R.; Janovska, D.; Délamo, J.; Martín, R. 2011. Evaluación de genotipos de amaranto (*Amaranthus* spp.) para la adaptabilidad productiva en el área de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina. *Revista Científica UDO Agrícola* 11(1): 50-57.
- Rojas, J. 2010. Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Valdivia. Tesina de Grado. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. 107 p.
- Ruiz, V.; De la O, M.; Espitia, E.; Sangerman, D.; Hernández, J.; Schwentesius, R. 2013. Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (5).
- Sumar, L., Blanco, O., Pacheco, J. 1983. Descriptores para *Amaranthus* (con orientación para *Amaranthus caudatus* L.). 2da. Edición. Centro de Investigación de Cultivos Andinos. Universidad Nacional del Cusco. Cusco. Perú. 13 p.

ANEXOS

Anexo 1. Malezas y su control en el cultivo de amaranto. Colonche, 2014 y 2015.

La presencia de malezas en este ambiente, es muy alta y por lo tanto muy importante para el buen manejo del cultivo de amaranto.

En los dos años de experiencia, con un cultivo completamente nuevo para los agricultores en esta área, fue también con las malas hierbas de diferentes especies (unas más agresivas que otras) y su control.

Previo a la siembra del amaranto, los agricultores en base a su experiencia con maíz y otros cultivos, eliminaron las malas hierbas usando un herbicida de amplio espectro (para hoja ancha y hoja angosta), de tal manera que los suelos al momento de la siembra se encontraban limpios de malezas.

Después de la siembra y con los frecuentes riegos (cada 8 días por lo menos), las diferentes especies de malezas emergieron junto al cultivo de amaranto y los agricultores realizaron una deshierba manual, con herramienta, para eliminarlas y evitar la competencia. No se puede usar herbicidas selectivos en vista de que estos no existen en el mercado para el amaranto. Las deshierbas se realizaron entre los 30 y 45 días.

Un ambiente favorable para las plantas (agua y nutrientes) permite un crecimiento rápido y agresivo también de las malezas. De tal manera que si no existe un control y manejo oportuno de las mismas, estas pueden acabar con este cultivo; ya que crecen tan rápido que cubren los espacios entre las hileras del cultivo o las trepadoras se apoyan en los tallos de amaranto y producen volcamiento.

De manera preliminar y en las localidades donde se realizó la investigación en el valle del río Javita se observaron malezas conspicuas pertenecientes a diferentes familias botánicas, entre las que sobresalen: amarantáceas, gramíneas o poáceas, solanáceas, cucurbitáceas y compuestas o asteráceas.

En el futuro, de existir interés en el cultivo de amaranto se deberá realizar una caracterización exhaustiva del complejo de malezas existentes en este agro ambiente, para un buen manejo del cultivo y control de las mismas.

En las **Fotografías 14**, se muestran las malezas presentes en los ensayos de amaranto o sitios aledaños a los mismos.



Bledo (*Amaranthus spinosus* L.)



Moradilla (*Althernanthera* sp)



Melón amargo



Gramíneas



Mortiño



Tomate silvestre

Fotografías 14. Malezas predominantes en los lotes de investigación con amaranto. 2015. (Fotos: E. Peralta).

Anexo 2. Plagas y su control en el cultivo de amaranto. Colonche, 2014 y 2015.

En esta área del valle de la Javita, donde se evaluó el amaranto en dos años, en ciclos de verano, considerados fríos (junio a septiembre), de las observaciones preliminares de enfermedades y plagas presentes en el cultivo, se observó lo siguiente:

No se encontró daño causado por enfermedades (hongos, bacterias, virus, fitoplasmas). En cuanto a insectos-plaga se identificó la presencia de hormigas de tamaño pequeño. Este insecto afectó a la siembra, ya que la semilla en proceso de germinación fue transportada a los hormigueros o colonias de las mismas, alterando de esta manera la densidad de siembra (**Fotografía 15**). El control se realizó usando Malathion 50 WP, en un dosis de 1 kg/ha, aplicado al día siguiente de la siembra.



Fotografía 15. Daño causado por hormiga, al transportar la semilla a sus colonias. Colonche 2014. (Foto: M. Guamán).

También se observó la fuerte presencia de larvas de mariposas (Lepidópteros), mismas que afectaron el área foliar (hojas) y los ápices de las panojas en formación (**Fotografías 16**). Para disminuir el daño en el ciclo 2014 se realizó dos controles químicos usando Dimetoato (Perfektion) y Deltametrina (Decis) en dosis de 600 cc/ha. En el ciclo 2015, se realizó control de hormigas usando Malathion y de larvas de mariposas, usando Dimetoato (Perfektion), Basudin (Diazinon), 600 cc/ha y Bala (Clorpirifos más Cipermetrina), 400 cc/ha.



Fotografías 16. Daño de insectos en el área foliar del amaranto. Colonche, 2015. (Fotos: E. Peralta).

En una visita técnica a campos de producción de amaranto en México (2000 m s.n.m.), se observó el “daño” foliar que causan las larvas de mariposas en las hojas del amaranto, a las que no se realiza ningún tipo de control. Según el Dr. Espitia (INIFAP-Valle de México), no amerita realizar controles químicos, puesto que el amaranto aun con este daño, no es afectado en el rendimiento de grano (comunicación personal).

En el futuro, y en base de la experiencia mexicana, se debe investigar y confirmar si en Santa Elena no amerita realizar un control de estos defoliadores y así reducir el uso de agroquímicos y costos de producción.

Anexo 3. Características de los suelos por localidad, Colonche, 2015.

Localidad	Nutriente (unidad)	Valor	Interpretación		
			Bajo	Medio	Alto
Río Nuevo	N (ppm)	17,00	x		
	P (ppm)	97,00			x
	S (ppm)	23,00			x
	K (meq/100 ml)	2,80			x
	Ca (meq/100 ml)	28,20			x
	Mg (meq/100 ml)	2,90			x
	Zn (ppm)	2,10	x		
	Cu (ppm)	6,50			x
	Fe (ppm)	25,00		x	
	Mn (ppm)	6,90		x	
	B (ppm)	1,40		x	
	pH	7,8			
	M.O. (%)	1,8	x		
Limoncito	N (ppm)	1,30	x		
	P (ppm)	25,00			x
	S (ppm)	18,00		x	
	K (meq/100 ml)	1,90			x
	Ca (meq/100 ml)	33,00			x
	Mg (meq/100 ml)	5,30			x
	Zn (ppm)	1,70	x		
	Cu (ppm)	8,30			x
	Fe (ppm)	13,00		x	
	Mn (ppm)	4,10		x	
	B (ppm)	1,40		x	
	pH	8,1			
	M.O. (%)	2,2	x		
San Vicente	N (ppm)	1,90	x		
	P (ppm)	33,00			x
	S (ppm)	13,00		x	
	K (meq/100 ml)	0,98			x
	Ca (meq/100 ml)	23,20			x
	Mg (meq/100 ml)	3,80			x
	Zn (ppm)	1,50	x		
	Cu (ppm)	5,10			x
	Fe (ppm)	22,00		x	
	Mn (ppm)	6,80		x	
	B (ppm)	1,30		x	
	pH	7,7			
	M.O. (%)	0,80	x		

Localidad	pH	Conductividad										
		eléctrica mmoh/cm	Cationes					Aniones				
			Milieq./litro					Milieq./litro				
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺⁺	Σ	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl	Σ
Río Nuevo	7,8	1,21	4,1	1,2	5,4	2,2	12,9	0	6,4	3,2	6,2	15,8
Limoncito	8,1	0,80	3,0	1,3	2,8	1,0	8,1	0	4,2	2,7	2,0	8,9
San Vicente	7,7	0,62	1,7	0,91	5,0	0,48	8,1	0	4,2	1,0	2,6	7,8

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, EESC, 2015

Según los análisis de suelos que anteceden, la disponibilidad de nitrógeno en forma amoniacal (NH₄⁺) en las tres muestras analizadas presenta valores bajos, lo cual tiene relación con el bajo contenido de materia orgánica del suelo. La deficiencia de nitrógeno puede ser cubierta con aplicaciones de abonos orgánicos y/o fertilizantes inorgánicos.

El contenido de materia orgánica (M.O.) es bajo (0,8 a 2,2%), siendo necesario la incorporación de abonos orgánicos con conductividad eléctrica baja (menor a 2,0 mmoh/cm). El uso de abonos verdes sería la mejor alternativa para mejorar el contenido de materia orgánica, bien sea cultivando e incorporando (en floración) leguminosas como la canabalia (*Canabalia ensiformis*), mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria* spp.), etc. o dejando crecer las malezas e incorporándolas antes de la floración.

Para el resto de elementos, el contenido va de medio a alto, con lo cual se puede decir que la fertilidad de estos suelos es buena.

El pH del suelo en los tres lotes varía de ligeramente alcalino a alcalino; sin embargo el análisis de la Conductividad Eléctrica (CE) presenta valores menores a 2 mmoh/cm que corresponde a un suelo **no salino** o tendiendo ligeramente a salino (2 a 4 mmoh/cm). (Comunicación personal: Ing. Franklin Valverde, Dpto. de Suelos y Aguas, EESC, INIAP, 2016).

Anexo 4: Características del agua de riego por localidad. Colonche, 2015.

Elemento	Unidad	Valor		
		Río Nuevo	Limoncito	San Vicente
Ds/m CE		0,63	0,63	0,62
Ca	mg/l	58,1	59,2	58,2
Mg	mg/l	14,9	15,2	14,8
Na	mg/l	0,22	0,19	0,51
K	mg/l	13,2	13,1	13
CO ₃ ²⁻	mg/l	0	0	0
HCO ₃ ⁻	mg/l	271,1	284,2	257,9
Cl ⁻	mg/l	64,6	66	64,6
SO ₄ ²⁻	mg/l	95,3	96,5	96,8
B	mg/l	0,17	0,18	0,18
pH		6,46	7,63	8,03
RAS		0,01 E	0,01 E	0,02 E
Mg/l CaCO ₃ DUREZA		206,5 D	210,5 D	206,4 D

INTERPRETACIÓN			
Para DUREZA CaCO ₃ (mg/litro)			
Muy suave (MS)=	0 a 15	Dura (D)	= 151 a 300
Suave (S)	= 16 a 75	Muy Dura (MD)	= más de 300
Media (M)	= 76 a 150		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, EESC, INIAP. 2015

Por el contenido de elementos en el agua, ésta contribuye con diferentes nutrientes al suelo para una nutrición favorable de los cultivos. Para la aplicación (aspersiones) con agroquímicos para el control de plagas, enfermedades o de abonos foliares, es importante tener en consideración la DUREZA del agua; por lo que se recomienda el uso complementario de ablandadores o reguladores de pH, a objeto de que la aplicación sea eficaz (Comunicación personal: Ing. Franklin Valverde, Dpto. de Suelos y Aguas, EESC, INIAP, 2016).

Anexo 5. Demostración de la trilla y el consumo de amaranto. Colonche, 2015.

Al ser el amaranto un cultivo y alimento totalmente nuevo para los agricultores colaboradores durante estos dos ciclos de investigación en el valle del río Javita, la diversidad del material genético evaluado llamó la atención de los agricultores de áreas aledañas. Con frecuencia preguntaban ¿qué están cultivando y para qué sirve?. Por lo que se llegó a un acuerdo con los agricultores de realizar una demostración de trillado y formas de consumir el grano en Limoncito. Para lo cual se organizó a manera de día de campo, con la participación de más de 20 agricultores en la demostración de trillado con una máquina estacionaria y presentación de resultados obtenidos y de otra parte con la colaboración de mujeres de esta localidad se prepararon cinco platos con amaranto (yogurt con amaranto reventado, sopa de amaranto con carne, arroz enriquecido con amaranto y pollo, colada de amaranto con banano y ensalada de frutas con amaranto reventado). Los platos preparados se degustaron con los agricultores, amas de casa y los niños de la escuela local (**Fotografías 17**). Se evidenció el gusto para consumir el amaranto preparado de diferentes maneras. Demostrando así que con una buena promoción y capacitación, este cultivo y alimento podría ser parte del sistema de producción y alimentario de esta zona.



Fotografías 17. Demostración de trillado y formas de consumo del amaranto. Colonche, 2015. (Fotos: E. Peralta).



Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos
Estación Experimental Santa Catalina, INIAP

Quito, Ecuador

Teléfono: (593 2) 3076040

Web: www.iniap.gob.ec

