

El INIA en la conformación de una colección nacional de quínoa

Pedro León-Lobos

Encargado del Banco Base de Semillas, INIA Vicuña
pleon@inia.cl

Ana Sandoval

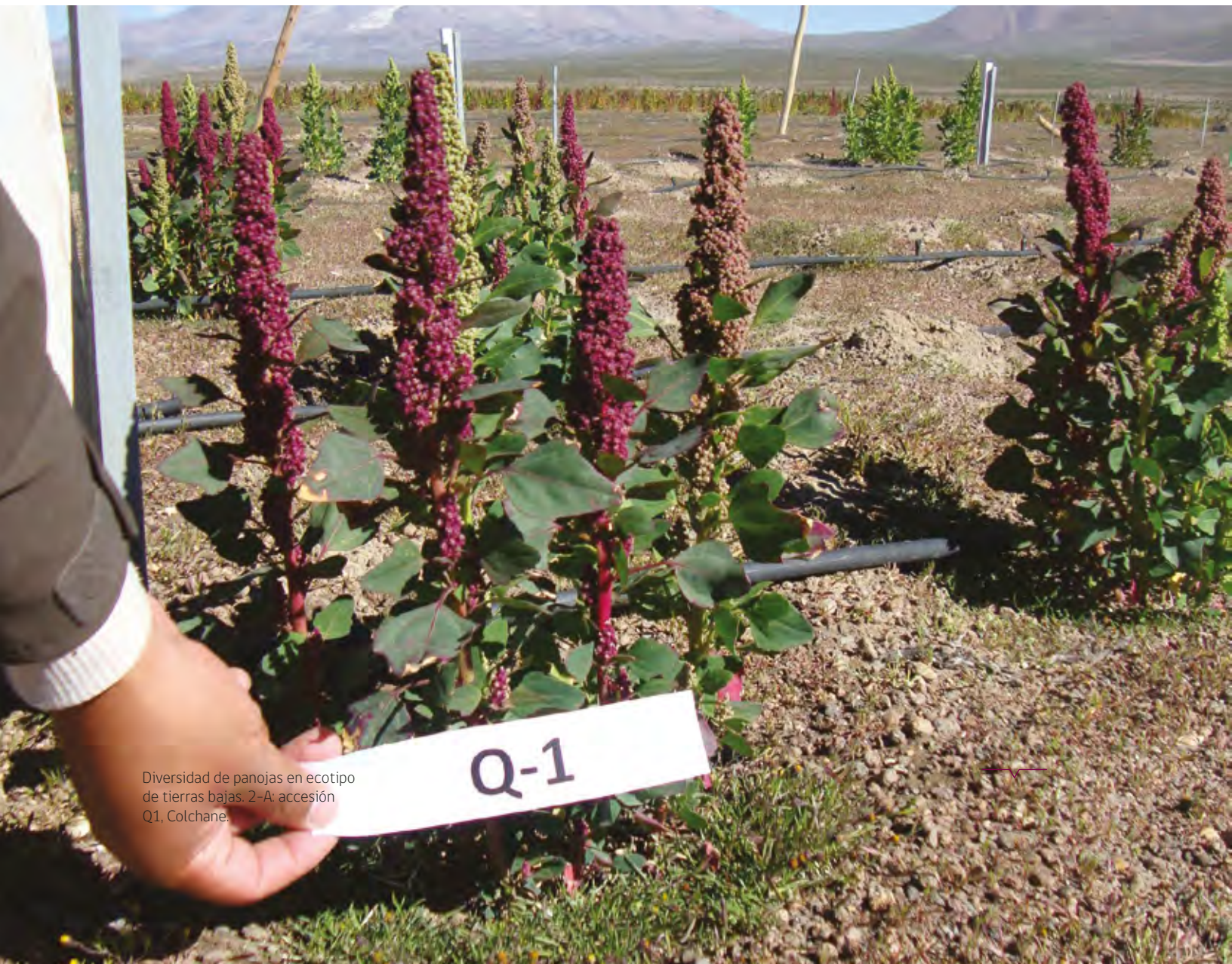
Banco Base de Semillas, INIA Vicuña
ana.sandoval@inia.cl

Enrique Veas

Agrodynamis
e.veas@agrodynamis.cl

Hernán Cortés

Agrodynamis
h.cortes@agrodynamis.cl



Diversidad de panojas en ecotipo de tierras bajas. 2-A: accesión Q1, Colchane.

EL TRABAJO REALIZADO POR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS HA PERMITIDO REFRESCAR LAS SEMILLAS DE PRÁCTICAMENTE TODAS LAS ACCESIONES DE QUÍNOA CONSERVADAS EN SU BANCOS, LO QUE PERMITIRÁ CARACTERIZAR LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y LA ESTRUCTURA DE LAS COLECCIONES PRESENTES.

Los recursos genéticos son esenciales para el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del país, pues son la base del mejoramiento genético para el desarrollo de nuevas variedades comerciales de plantas.

Por su parte, las variedades tradicionales y locales seleccionadas por las comunidades indígenas y pequeños campesinos representan un patrimonio genético que debe ser conservado. Esta diversidad agrícola puede ser mantenida *in situ* en huertos por los agricultores, o conservados *ex situ* (fuera de su condición natural), en bancos de germoplasma. El cultivo tradicional de las papas chilotas en el Archipiélago de Chiloé, así como los maíces, papas andinas y quínoas por las comunidades Aymaras en el Altiplano de las regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, son ejemplos de conservación *in situ*. El mantenimiento de germoplasma en bancos *in vitro*, colecciones en campo y bancos de semillas son las más utilizadas para conservar *ex situ* la diversidad genética asociada a los cultivos.

Las papas y especies frutales se conservan *in vitro* o en campo, dado que predomina la reproducción asexual (vegetativa) y porque el foco de conservación es el arreglo genético contenido en cada genotipo. Para la quínoa (quinua), al igual que para la mayoría de las leguminosas, hortalizas y cereales, la forma óptima es conservarlas en bancos de semillas. Esto porque las semillas tienen la

capacidad de ser secadas y almacenadas a temperaturas bajo cero, sin perder su viabilidad ni calidad durante décadas.

El Altiplano y la zona centro-sur de Chile forman parte del centro de diversidad de la quínoa. Aunque no es el lugar de origen de este cultivo, nuestro país presenta una importante diversidad genética asociada a la quínoa, donde lo más característico es la presencia de genotipos adaptados para crecer a bajas altitudes, cerca del nivel del mar (ecotipo de tierras bajas); condiciones totalmente distintas a las quínoas del Altiplano (ecotipo de salares), cultivadas entre los 2.500 y 4.500 metros de altitud. Además del Altiplano, la quínoa en Chile se ha cultivado tradicionalmente en el centro-sur, en zonas cercanas a la costa en las regiones de O'Higgins y La Araucanía.

La conservación *ex situ* de quínoa es hoy una necesidad

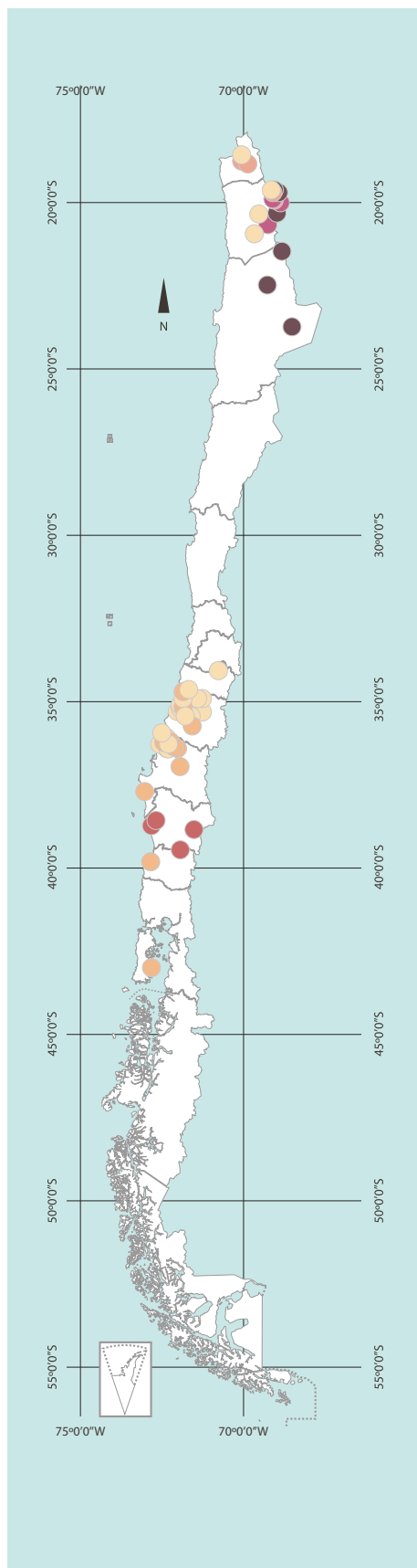
evidente para evitar la pérdida de su diversidad genética, a causa de la subutilización y reemplazo por cultivos -en teoría- más rentables. Esto, sumado a la necesidad de disponer de germoplasma para su investigación y posible uso en mejoramiento genético, motivó al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a conformar una Colección Nacional Base de Quínoa, a través del Proyecto Red de Bancos de Germoplasma, con el financiamiento del Ministerio de Agricultura.

PROCEDENCIA DE LAS ACCESIONES DE LA COLECCIÓN BASE DE QUÍNOA

La Colección Base de Quínoa está formada actualmente por un total de 203 accesiones (Cuadro 1) y constituida a su vez, por 6 sub-colecciones diferenciadas principalmente por la o las instituciones de origen o procedencia.

Sub- colección	Origen de la accesión	Año de Ingreso	Nº de accesiones
INIA / JICA	Norte de Chile	1994	51
CEAZA - INIA	Centro-sur y norte de Chile	2004 - 2006	52
UNAP	Norte de Chile	2007	18
KM (CET-Sur)	Sur de Chile		6
INIA - CRBP	Norte de Chile	2012	40
UBA *	Centro-sur y norte de Chile, EE.UU., Inglaterra, Dinamarca	2012	36
TOTAL			203

Cuadro 1. Resumen de accesiones por sub-colección de quínoa conservadas en el Banco Base de Semillas, INIA Vicuña. UBA=Universidad de Buenos Aires, Argentina.



La primera sub-colección ingresada al Banco Base de Semillas fue recolectada en 1994 por INIA, en el marco de la construcción de los bancos de germoplasma, proyecto financiado por la Agencia Nacional de Cooperación de Japón (JICA) y el Gobierno de Chile.

Hoy, esta sub-colección está compuesta por 51 accesiones, recolectadas en su mayoría en la comuna de Colchane, en las localidades de Colchane y Enguelga, en el Altiplano de la región de Tarapacá (Figura 1). Posteriormente, entre 2004 y 2006, a partir de colectas realizadas por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) en conjunto con INIA, se ingresaron al Banco Base 52 accesiones de quinoa, recolectadas principalmente en la zona central de Chile, entre la región de Valparaíso y la región del Maule (Figura 1). En 2007, se ingresó un duplicado de la colección de quinoa conservada por la Universidad Arturo Prat (Iquique), proveniente del Altiplano de Chile, entre las comunas de Colchane y San Pedro de Atacama (Socaire) (Figura 1).

En 2010 se recibieron 27 accesiones desde el Centro de Estudios y Tecnología para el Desarrollo del Sur (CET-Sur). Sin embargo, la mayoría de éstas presentaban baja o nula germinación, por lo que se ingresó a regeneración, lo que permitió rescatar sólo 6 accesiones del total de las recibidas (Cuadro 1). En 2012, y en el marco del Proyecto Centro de Recursos Biológicos Públicos (CRBP), financiado por el Ministerio de Agricultura, se recolectaron 40 accesiones en el Altiplano de las regiones de Arica-Parinacota (Putre, Socoroma y Saxamar), Iquique (Cariquima, Panavinto, Escapiña, Colchane, Isluga, Enguelga, Mauque y Cancosa) y Antofagasta (Calama, Ollagüe, Socaire y Peine) (Figura 1), ampliando la representación de las quinoas altiplánicas en la colección nacional. Previamente, la mayoría de las accesiones de quinoa del norte de Chile provenía sólo de Colchane.

Finalmente, se repatriaron 36 accesiones chilenas contenidas en la colección de quinoa conservada por la Universidad de Buenos Aires, Argentina; algunas de las cuales

- CEAZA/ INIA
- CET Sur
- INIA
- INIA- RBP
- UBA
- UNAP

1 cm = 169 km

ANTECEDENTES GEODÉSICOS
WGS84
ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS
UTM
Fuente de Información
BASE DE DATOS INIA

Producido por Gustavo Bolados Corral - Ing. Forestal/ Instituto de Investigaciones Agropecuarias Banco Base de Semillas -INIA Vicuña

Figura 1. Localidades de procedencia original de las accesiones que conformar la actual colección de quinoa, conservada en el Banco Base de Semillas, INIA.



Diversidad de panojas en ecotipo de salares: 1-A.- Variedad Dorada Paredones.



Diversidad de panojas en ecotipo de salares: 1-B.- Accesoión KM 21, región de la Araucanía.



Diversidad de panojas en ecotipo de salares: 1-C.- Variedad Faro.

provenían de bancos de germoplasma de Europa y Estados Unidos (Cuadro 1).

La mayoría de estas accesiones repatriadas provienen originalmente de la zona centro-sur de Chile, entre las regiones de O'Higgins y el Maule (Pumanque, Cahuil, Nilahue, Paredones, Llico, Iloca, Docamiva, Nirivilo, Pilen y Loanco).

No obstante, cabe destacar la incorporación de una accesión cuya zona de origen es la Isla de Chiloé (Figura 1), donde el cultivo de quínoa prácticamente ha desaparecido.

REGENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA

Durante las temporadas 2011-2012 y 2013-2014, entre septiembre y mayo, se regeneraron y caracterizaron las accesiones que conforman

la Colección Nacional de Quínoa. Las accesiones procedentes del Altiplano (ecotipo Salares), se regeneraron y caracterizaron en la comuna de Colchane (19°16'Sur, 68°37' Oeste), sector de Central Citani, región de Tarapacá. Las quínoas del centro-sur de Chile se regeneraron en la Parcela Experimental Pan de Azúcar (29° 57' Sur, 71° 20' Oeste) de INIA Intihuasi, región de Coquimbo.

Para la regeneración en Pan de Azúcar, cada accesión fue sembrada en parcelas de 11 m². La siembra se realizó en forma manual, localizando la semilla a chorro continuo en la parte alta de la hilera, distribuidas en 3 hileras separadas a 0,7 m entre ellas, y regadas mediante cinta de riego. La muestra caracterizada correspondió a 10 plantas individuales de la hilera central.

Para la siembra de regenera-

ción en Colchane se utilizó la forma de cultivo ancestral empleada por las comunidades indígenas, que consiste en hacer hoyos de siembra. Para cada accesión se delimitaron parcelas de 19 m² donde se distribuyeron 9 hoyos con una profundidad de 8 cm. En cada hoyo se depositaron entre 10-12 semillas, las cuales fueron sembradas, para luego ser cubierto el hoyo con rastrojos de plantas de la zona, a fin de minimizar los efectos del viento, pérdida de humedad y evitar el exceso de radiación, entre otras condiciones adversas.

En ambas localidades, al inicio de la floración, 10 panojas individuales de cada accesión fueron cubiertas con bolsas de papel, para evitar la polinización cruzada entre accesiones diferentes. La cosecha de panojas se realizó entre abril y mayo de cada temporada.

La caracterización de las

accesiones de quínoa se basó en los descriptores consensuados internacionalmente para este cultivo (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013). En total se consideraron 36 descriptores mínimos, que incluyen entre otros: forma de plantas, hojas y panoja, color de tallo y semillas, duración de estados fenológicos (Ej. Días a floración y a cosecha), y medidas morfométricas de varias estructuras de la planta de quínoa, como semillas, tallos, hojas y panojas.

CARACTERIZACIÓN: RESULTADOS PRELIMINARES

El análisis inicial de los datos de caracterización de quínoa muestra una alta variabilidad entre accesiones en cuanto a morfología y coloración (ver Fotografías 1 y 2).

Las accesiones regeneradas y caracterizadas en Colchane (Altiplano de la región de Tarapacá), presentaron plantas erguidas, con altura de planta promedio de 50 cm (variando

desde los 40 a 80 cm); con hábito de crecimiento ramificado hasta el segundo tercio, y un diámetro del tallo principal promediando los 9,8 mm. En tanto, la forma de sus panojas fue de tipo amarantiforme, con densidad de panojas compactas (Cuadro 2). El largo de la panoja promedió los 10 cm y un diámetro de 5,1 cm.

Las quínoas de la zona norte presentaron una gran diversidad de colores de panoja, en madurez fisiológica y color de semilla. El

Descriptores	Origen Accesiones	
	Altiplano	Centro-Sur
Tipo de crecimiento	Herbáceo	Herbáceo
Hábito de crecimiento	Ramificado hasta el segundo tercio	Simple y ramificado hasta el segundo tercio
Color del tallo principal	Púrpura, amarillo, verde y naranja	Verde (principalmente), rosado y amarillo
Color del peciolo	Verde y rojo (estriado/variegado)	Verde
Color de la lámina foliar	Verde	Verde y rojo (estriado/variegado)
Forma de la panoja	Amarantiforme e intermedia	Glomerulada e intermedia
Color de la panoja en floración	Rosada, amarilla, púrpura y roja	Amarilla, rosada
Color de la panoja en madurez fisiológica	Púrpura, amarilla, marrón y rosada	Amarilla y rosada
Densidad de la panoja	Compacta	Compacta e intermedia
Grado de dehiscencia	Regular y fuerte	Regular y ligera
Color del pericarpio	Crema y blanco	Crema
Altura de la planta (cm)	55,9 ± 12,5	136,6 ± 22,4
Diámetro del tallo principal (mm)	9,8 ± 1,7	10,7 ± 3,3
Número de ramas primarias	4,9 ± 1,8	2,2 ± 2,9
Nº dientes por hoja	7 ± 1	8 ± 1
Longitud del peciolo (cm)	1,8 ± 0,2	2,7 ± 0,2
Longitud Max. Hoja (cm)	5,4 ± 0,7	5,9 ± 0,5
Ancho Max. Hoja (cm)	4,5 ± 3,1	4,2 ± 0,4
Longitud de la panoja (cm)	10,4 ± 1,3	14,8 ± 0,8
Diámetro de la panoja (cm)	5,1 ± 0,7	5,9 ± 0,6
Rendimiento (kg/ha) (promedios)	1.202 ± 28	2.585 ± 45
Días emergencia	13,2 ± 1,5	6,6 ± 0,5
Días a floración	94,9 ± 2,9	79,7 ± 4,8
Días a madurez fisiológica	200,2 ± 5,7	146 ± 6,0

Cuadro 2. Tabla resumen con los resultados de la caracterización para los descriptores utilizados. Para los descriptores numéricos se indica el promedio más menos la desviación estándar.



Diversidad de panojas en ecotipo de tierras bajas. 2-B: variedad Camchi Putre.

color de las panojas varió desde las tonalidades amarillas pasando por naranjas, púrpuras, marrones, grises y rosadas, entre otras. Además, se caracterizaron por presentar un mayor tamaño de semillas (entre 2,20 y 2,32 mm de diámetro) en relación a las del centro-sur del país. Sin embargo, los rendimientos fueron bajos; un 50% menos en comparación a las quínoas del centro-sur, alcanzando entre 800 a 1.500 k/ha. El ciclo de cultivo promedió los 6 meses, iniciando la siembra en septiembre y cosechando en marzo- abril.

Las quínoas de la zona centro-sur se caracterizaron por ser plantas erectas, de crecimiento herbáceo, predominando el hábito de crecimiento simple, con altura de promedio de planta de 136 cm (Cuadro 2). El diámetro promedio del tallo principal fue de 11 mm y se caracterizó por presentar algo de ramificaciones. La forma de sus panojas fue glomerulada, con densidad de panojas compactas. En etapa de floración predominaron las tonalidades amarillas y el color de la planta en madurez fisiológica varió de amarillo a café. El

largo promedio de la panoja fue de alrededor de 15 cm y su diámetro alcanzó los 6 cm. Las semillas fueron de menor tamaño (1,96 a 2,02 mm de diámetro) comparado con las del Altiplano. El rendimiento estimado varió entre los 2.500 a 3.000 k/ha.

Estos resultados muestran una alta variabilidad entre las distintas zonas de origen. Además, dentro de la misma zona de origen se encuentran diferencias marcadas, lo que permitiría la adaptación de esta planta a distintas condiciones agroclimáticas y para distintos objetivos productivos (grano, saponina, forraje y materia prima para la industria, entre otros). Además esta variabilidad en caracteres fenológicos, morfométricos y de rendimiento, implica buscar líneas puras de accesiones de eficiencia productiva de acuerdo a distintas condiciones u objetivos.

TRABAJO FUTURO

El trabajo realizado a la fecha por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias ha permitido “refrescar” las semillas de prácticamente todas las accesiones de quínoa conservadas en sus Bancos. Ahora, se está terminando de documentar la colección y se debe completar la caracterización de los colores de semillas de las quínoas regeneradas.

Para una caracterización más avanzada, se pretende realizar un análisis del contenido de saponinas de cada una de las accesiones que forman la colección, pensando en los posibles problemas de procesamiento de las semillas de quínoa, así como evaluar la respuesta al estrés hídrico a nivel de semillas, plántulas y plantas adultas, pensando en su cultivo en condiciones de baja disponibilidad hídrica actual y futura. Asimismo, su análisis genético permitirá caracterizar la diversidad genética y la estructura de las colecciones presentes. 🌱