



SIBIOGEV

Ciencia a tu alcance

II SIMPOSIO INTERNACIONAL DE
BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA
VEGETAL

Estrategias de mejoramiento genético en quinua en el altiplano peruano

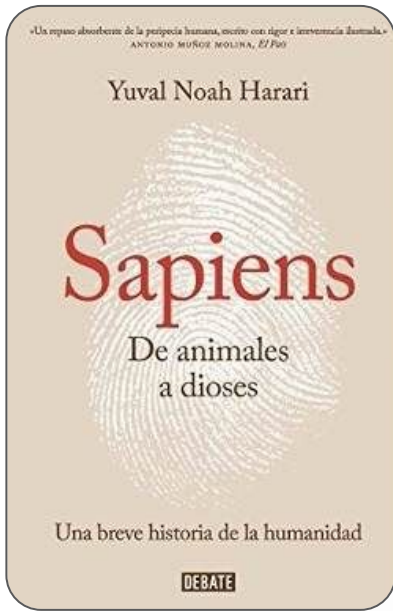
Flavio Lozano Isla
Plant breeder
Ing. Agr. MSc.



flozano@lamolina.edu.pe



lozanoisla.com



La domesticación:

¿QUÉ HIZO
AL HOMO SAPIENS
LA ESPECIE
MÁS EXITOSA
DEL PLANETA?

¿Quién domesticó primero?

¿El hombre a los cultivos?

o

¿Los cultivos al hombre?

¿Por qué el trigo fue uno de los
primeros cultivos domesticados?



Visual Ananda (2016)

¿Qué es lo que sabemos de nuestros recursos?



Contenido:

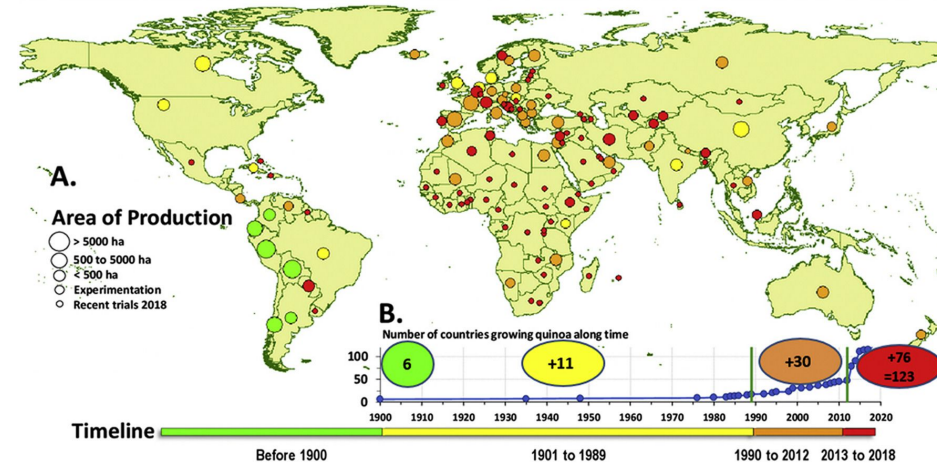
1. Por qué quinua
2. Quinua y RRGG
3. La importancia de los RRGG
4. Programa de Mej. Genético
5. Posibilidades y futuro

Antonio Raimondi: "El Perú es un mendigo sentado en un banco de oro".

Diario Gestión (2011)

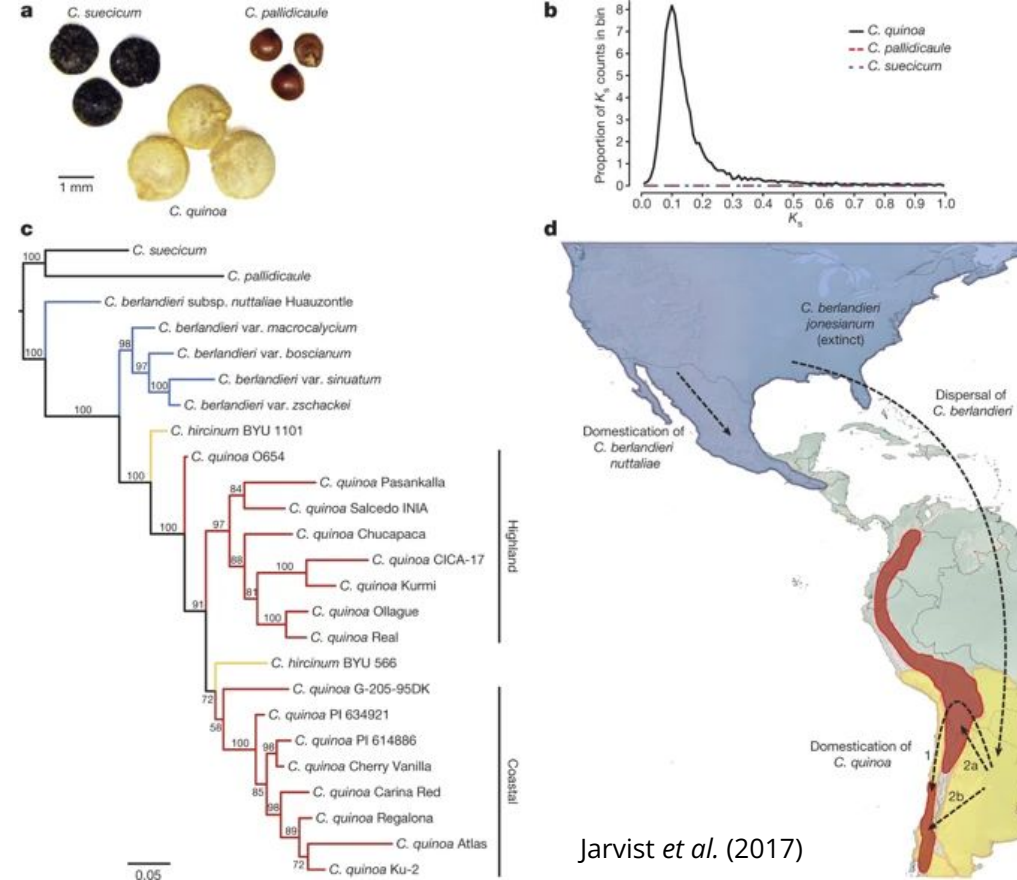
¿Por qué la quinua?

- Excelente equilibrio de aminoácidos esenciales, fibra, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Vega-Gálvez et al. 2020)
- Los granos son libres de gluten, tienen un bajo índice glucémico (Gordillo-Bastidas et al. 2010)
- La quinua es tolerante a una amplia gama de estreses abióticos (Rao & Shahid, 2012)



Expansión global de la quinua (Alandia et. al 2020)

Quinoa (*Chenopodium quinoa*)



Jarvist *et al.* (2017)

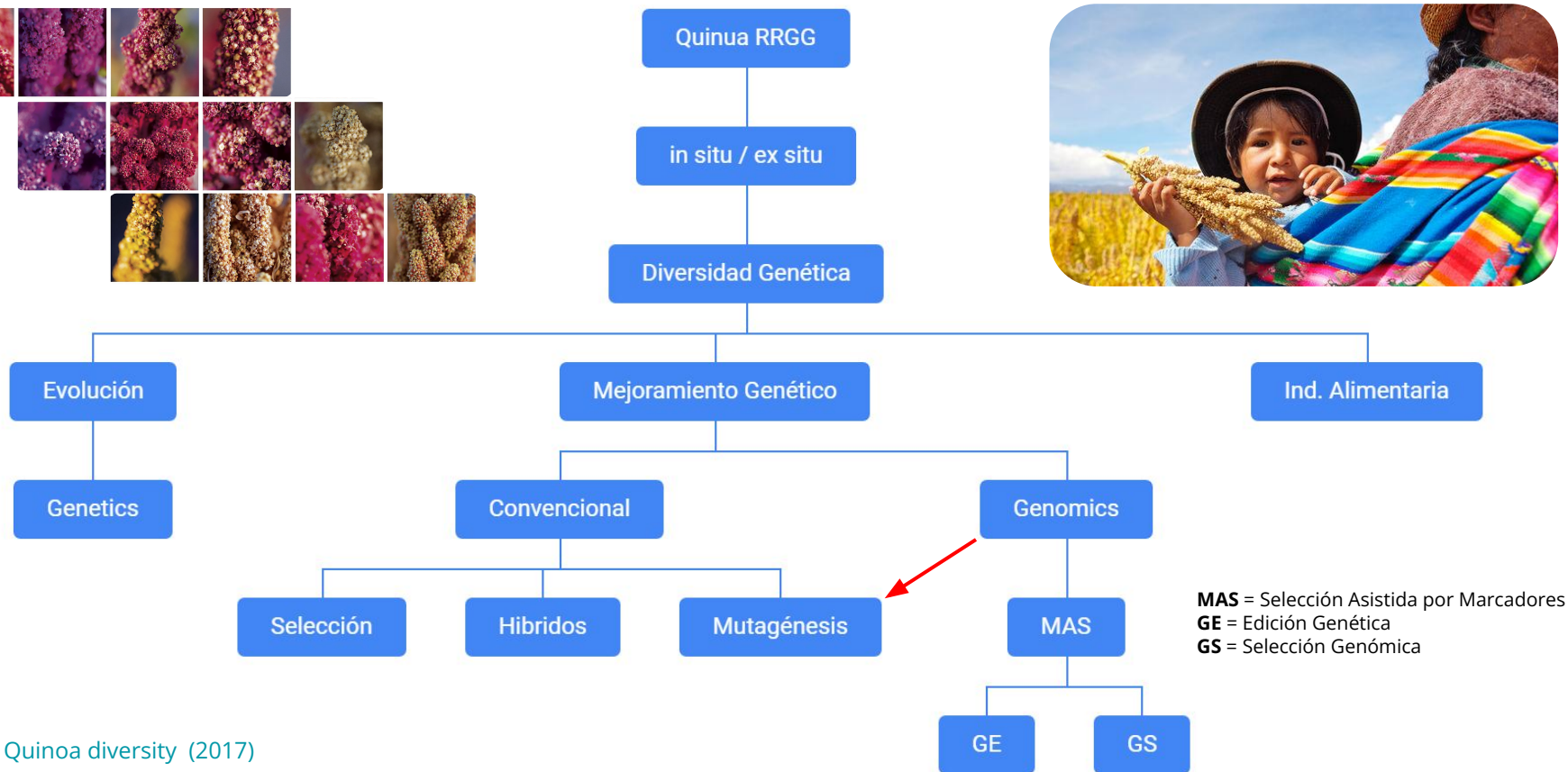
- Quinoa fue domesticado 7000 años atrás alrededor del Lago Titicaca (Kolata, 2003).
- Calidad alimenticia y adaptado a diversos ambientes (Bazile et al. 2013).
- En el 2013 fue proclamado el año internacional de la quinoa (FAO, 2013).
- El genoma de *Chenopodium quinoa* (Jarvist et al. 2017).

Distribución de los miembros del GCN-Quinua



- + 150 investigadores de 60 países
- Brecha en conocimientos del cultivo
- Crear un espacio colaborativo
- Evitar la erosión genética
- El germoplasma está concentrado en LatAm
- Minor → Major (Cultivo)

Como se usan los RRGG en Quinua?



Picture: Quinoa diversity (2017)

Proyecto de desarrollo de capacidades



KWS Saatgut-Projekte in Peru

Peru ist vielfältig.

Tropenklima prägt die östlichen Regenwaldgebiete („Selva“). Im Westen und den Küstengebieten („Costa“) herrscht trockenes Wüstenklima. Gemäßigte bis kalte Zonen bestimmen die zentralen Anden („Sierra“) und das Hochplateau („Altiplano“).

Diese Vielfalt spiegelt sich auch in der Landwirtschaft wider. Peruanische Kleinbauern kultivieren in allen Landesteilen eine Vielzahl an Mais- und Quinoa-Sorten. Doch die Vielfalt ist bedroht: Extreme Klimaschwankungen nehmen zu, die Jugend wandert in die Städte ab und traditionelles Wissen zu Anbau, Nutzung und Erhalt der Kulturpflanzen geht verloren. Die Folgen: Chronischer Nahrungsmangel herrscht vor allem in entlegeneren Regionen. Insgesamt leben acht Millionen Menschen in Armut, das sind fast 30 Prozent der rund 30 Millionen Peruaner.

Ziel: Ernährungs- sicherheit erhöhen

Die Initiative besteht aus drei, vollständig von KWS finanzierten Projekten.

- Utilizar los recursos genéticos en LAT-AM
- Formar a nuevos investigadores
- Falta de acceso a la información y las herramientas
- Preocupaciones éticas por las licencias de software piratas
- Brecha educativa

Die KWS Initiative
„Capacity Development“

Estudio de los recursos genéticos peruanos.

1. Ganancia genética en seis poblaciones de quinua proveniente de cruza simples.
2. PhenomQuinoa: fenotipado de alto rendimiento para la quinua
3. Estudio de asociación del genoma completo (GWAs) en poblaciones de quinua.



Manuscrito 1

Analysis of genetic variation and heritability for yield components and other agronomic traits in six segregating quinoa populations

Flavio Lozano-Isla¹, José David Apaza², Angel Mujica Sanchez², Raúl Blas Sevillano³, Bettina I.G Haussmann¹, Karl Schmid^{1*}

Objetivos:

- Estimación de parámetros cuantitativos para diferentes rasgos en seis poblaciones segregantes derivadas de cruces simples de quinua.
- Identificación de líneas superiores en programas de mejoramiento de quinua para el altiplano andino con mayor rendimiento y precocidad

Materiales y Métodos

Experimentos y poblaciones segregantes

Type of trial	Season	N° Entries	Plot size (m2)	Experimental design	Location	Latitude	Longitude	Altitude (masl)	Soil type
Selection	2017-2018	(F7) 600	4.8	Lattice 10x10 Rep: 2	Jauja, Junin	11°51'21.9"	75°23'43.01"	3322	Clay
					Camacani, Puno	15°56'54.45"	69°51'31.13"	3842	Sandy clay loam
					Ilipa, Puno	15°42'49.2"	70°04'20.33"	3815	Silty clay
Registration	2018-2019	(F8) 25	30	Lattice 5x5 Rep: 4	Camacani, Puno	15°56'54.45"	69°51'31.13"	3842	Sandy clay loam
					Ilipa, Puno	15°42'49.24"	70°04'20.33"	3815	Silty clay
	2019-2020	(F9) 16	30	Lattice 4x4 Rep: 4	Potojani, Puno	15°56'23"	69°52'46.8"	3850	Clay loam
					Ilipa, Puno	15°42'49.24"	70°04'20.33"	3815	Silty clay
					Camata, Puno	15°56'34.8"	69°50'47.4"	3838	Sandy clay loam

- Seis poblaciones segregantes
- Dos fases: selección y registro
 - Altiplano Peruano
 - > 3500 m.a.s.l
 - Datos no balanceados

F(♀)xM (♂)	Sal	Hua	Kan	Pan	Pas	Nco
Sal		SalxHua		SalxPan		SalxNco
Hua			HuaxKan			
Kan						
Pan						
Pas			PasxKan			
Nco			NcoxKan			

Materiales y Métodos

Análisis estadístico

- Análisis por etapas con modelos lineales mixtos
 - Enfoque en dos etapas (Buntaran et al., 2020; Schmidt et al., 2019)
 - Etapa 1 → BLUEs
 - Etapa 2 → BLUPs
- MET outlier removal (Bernal-Vasquez et al. 2016)
- Broad sense heritability (Schmidt et al., 2019)
 - H^2_{Cullis} → based in diff. of genotype BLUEs
- Multivariate selection: Elstons index (Elston, 1963)

Características

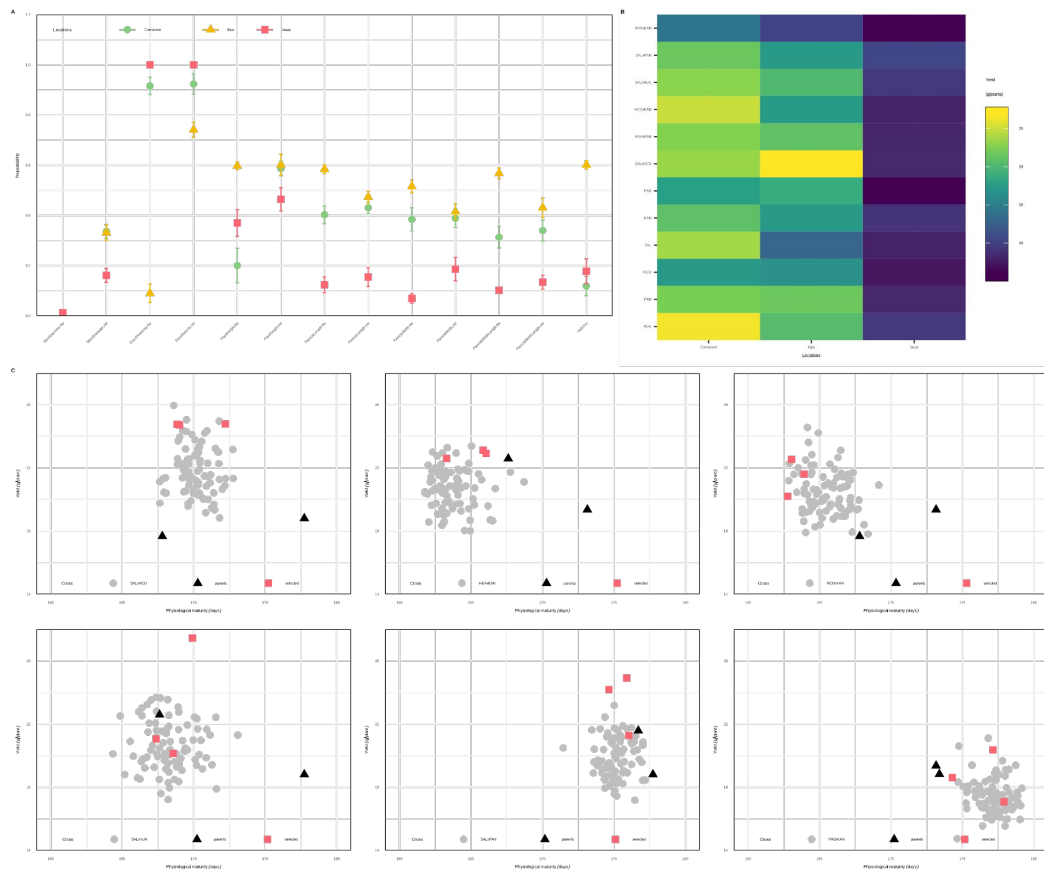
- Días hasta la madurez (días)
- Altura de la planta (cm)
- Longitud de la panícula (cm)
- Anchura de la panícula (cm)
- Rendimiento (g/planta)

> Ensayos de Registro: 23 características

Resultados

Ensayos de selección

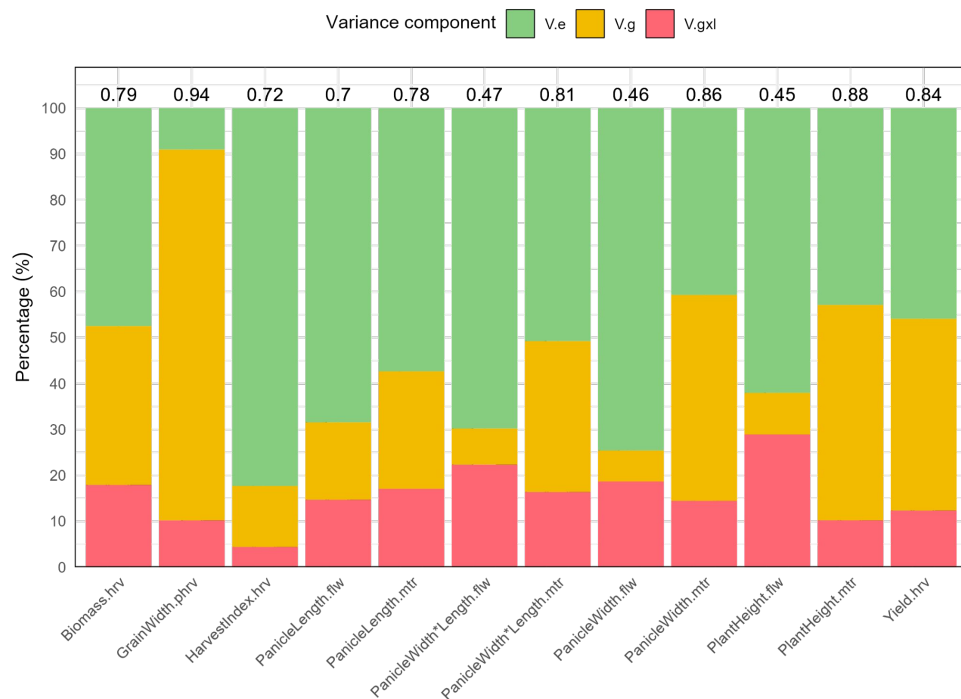
- Bajas heredabilidades en Jauja
 - Selección se basó en 2 localidades
- Selección: tres líneas/población
 - Selección multivariada
 - Yield, precocity and plant height
 - Líneas remanentes con potencial para futuras selecciones



Resultados

Ensayos de registro

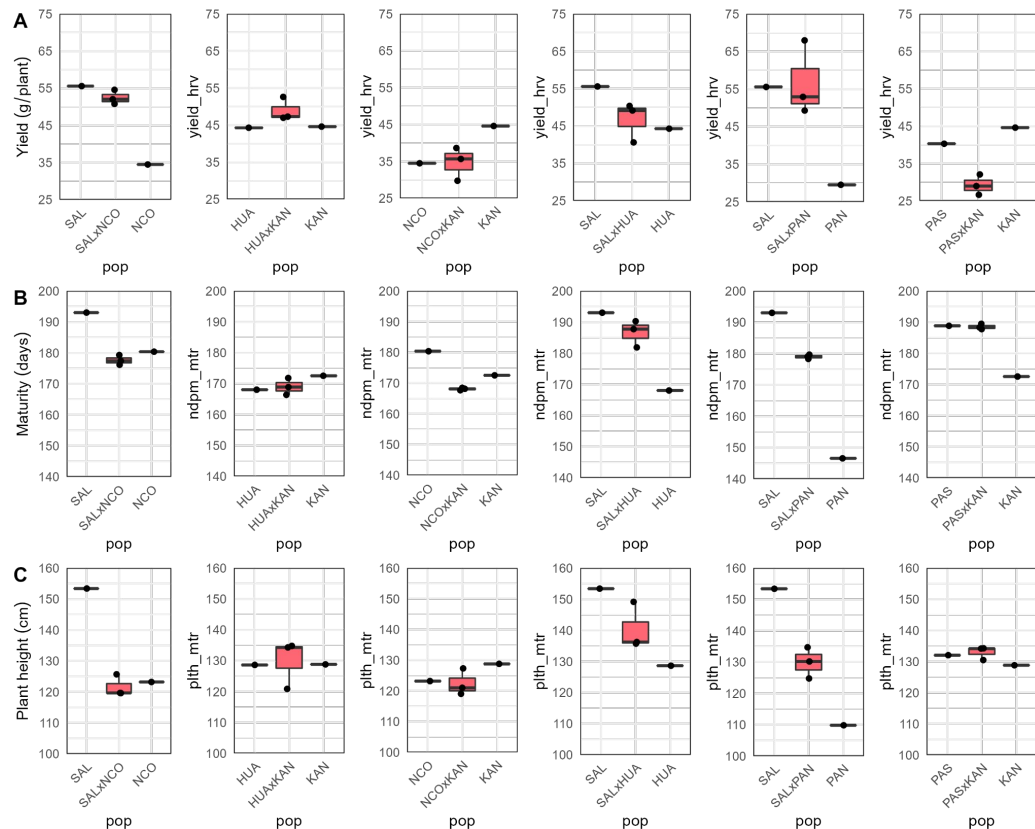
- Alta heredabilidad en la madurez comparada con la floración
 - Altura de planta
 - Características de la panícula
- Comparación de diferentes índices de parámetros de la panoja para predecir el rendimiento
 - PanicleWidth*Length



Resultados

Ensayos de registro

- Líneas candidatas para registro
 - SALxPAN_171
 - SALxPAN_165
 - SALxNCO_46
 - HUAXKAN_53
 - SALxHUA_33
- SALxPAN_171 mejoró en rendimiento en un 30% en comparación con el INIA Altiplano (control)



Manuscrito 1

Outputs

- Estimación de parámetros genéticos en seis poblaciones segregantes
- Incremento de la diversidad de la quinua en la sierra peruana
 - Selección de tres líneas para su registro como nueva variedad
 - Futura selección para programas de mejoramiento
- Paquete R de código abierto para calcular los parámetros genéticos
 - inti R package

Limitaciones

- Datos desbalanceados entre estaciones
 - Diferentes diseños
 - Análisis en una sola etapa
- Limitación en la selección en las primeras etapas del programa de mejoramiento
- Selección imprecisa de líneas durante los ensayos

Manuscrito 2

PhenomQuinoa: high-throughput phenotyping for quinoa (*chenopodium quinoa*) panicles using Mask R-CNN

Flavio Lozano-Isla¹; Lydia Kienbaum¹; Karl Schmid^{1*}

Objetivos

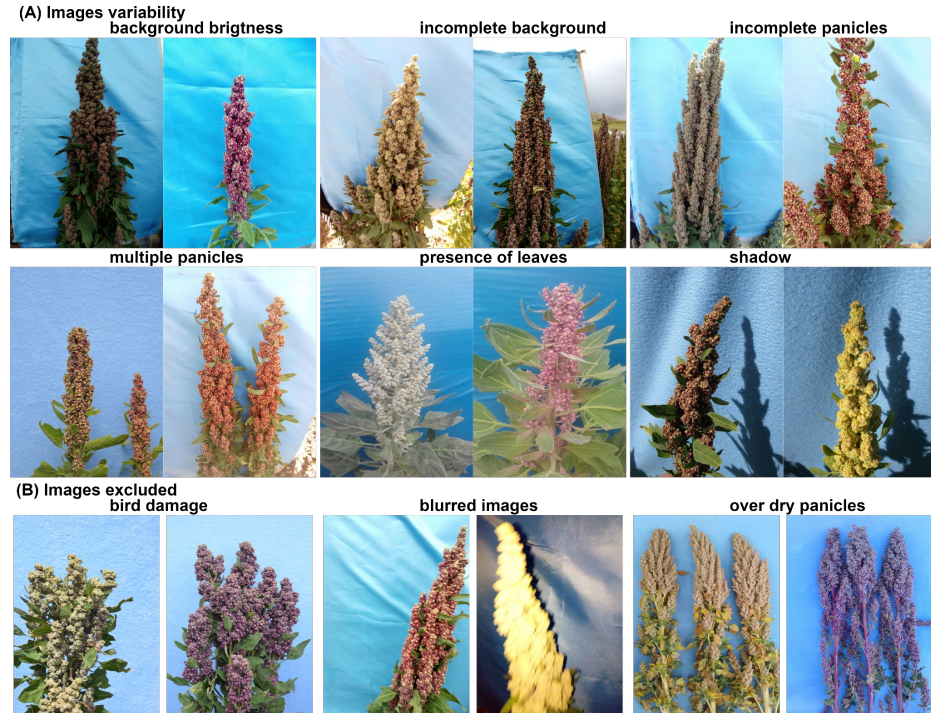
- Selección de un modelo de “deep learning” para la clasificación y segmentación de panículas de quinua
- Desarrollo de un pipeline para extraer los parámetros de las imágenes y generar un análisis genético descriptivo de los resultados

Materiales y Métodos

Experimentos y selección de imágenes

Season	Genotypes	Generation	Location	Exp. design	Photographic device	Resolution
2016-2017	1200	F6	Camacani, Puno	RCBD	Nikon D5101	9MP
2017-2018	600	F7	Illpa, Puno	Lattice 10x10	ZTE Blade A610	8MP
2018-2019	25	F8	Camacani, Puno	Lattice 5x5	Samsung SM-T285M	3.7MP
2018-2019	25	F8	Illpa, Puno	Lattice 5x5	Samsung SM-T285M	3.7MP

- Variabilidad de imágenes
 - Resolución
 - Dispositivo
- Datos no balanceados para el análisis de experimentos multi-localidad
- Anotación de imágenes
 - Training set: 225
 - Validation set: 75

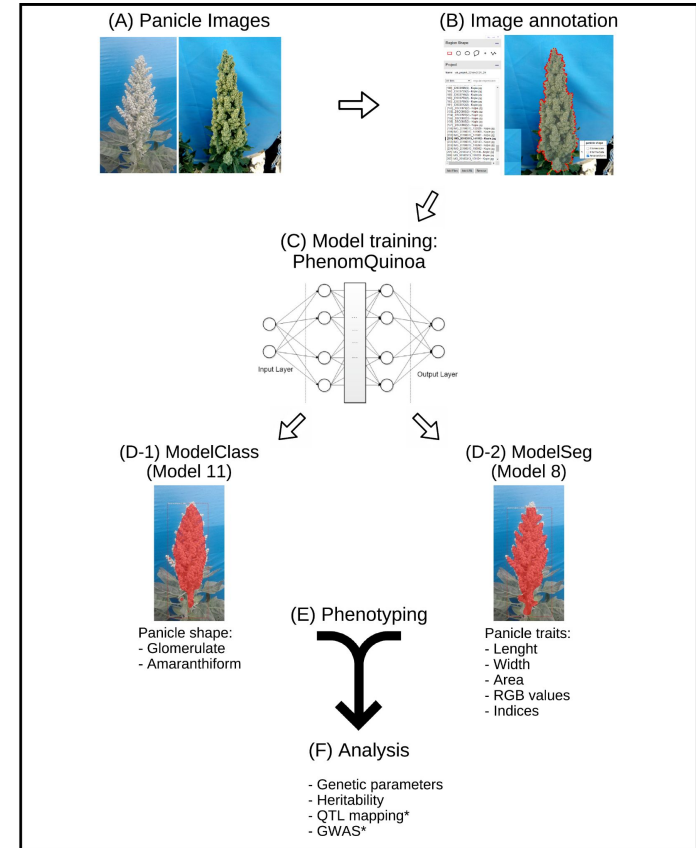


Materiales y Métodos

Comparación de modelos

- 24 modelo se utilizaron para la predicción y la clasificación utilizando diferentes combinaciones de parámetros
 - imgaug
 - mask resolution
 - loss weight
 - neural network
- Comparación de las predicciones
 - Image J & Model Segmentation

Pipeline

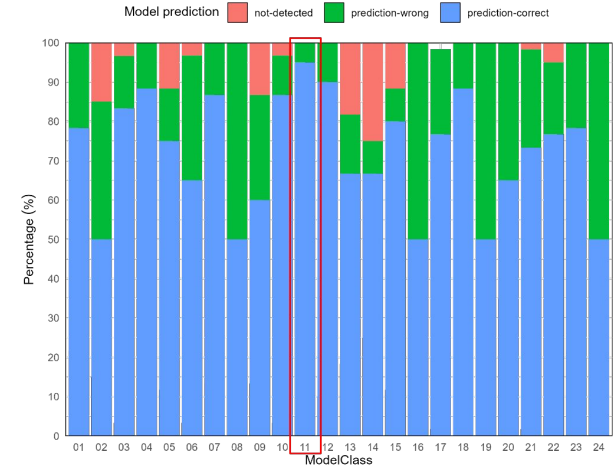


Resultados

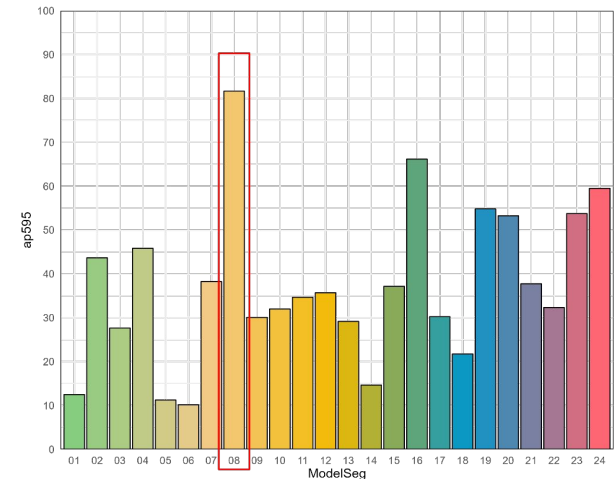
Model selection

- Modelos distintos para cada tarea
 - M. clasificación $\Rightarrow$ Modelo 11
 - iaug-not + 32x32 + mask01-class01 + head
 - Glomerulado vs Amarantiforme
 - M. segmentación $\Rightarrow$ Modelo 8
 - iaug-not + 64x64 + mask10-class01 + all
 - Rasgos fenotípicos

(A) Model classification - Model 11



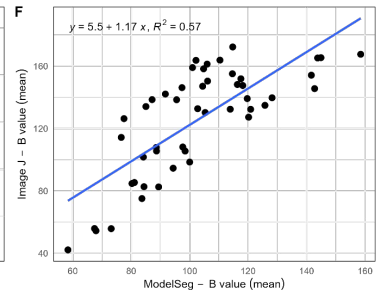
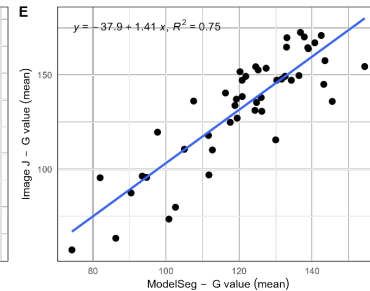
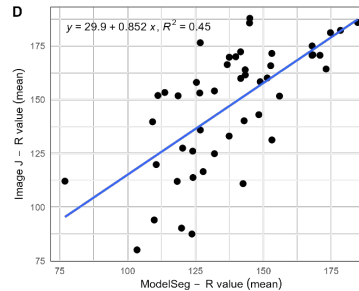
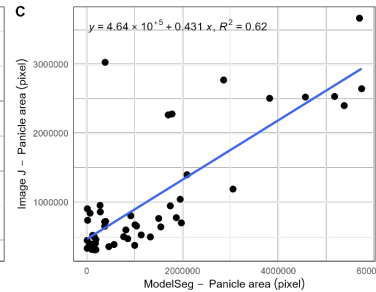
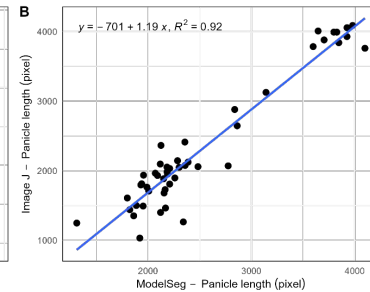
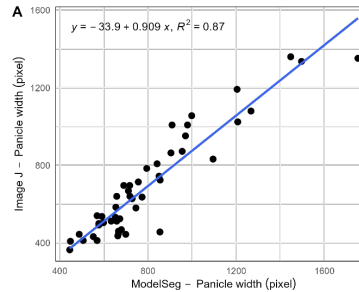
(B) Model segmentation - Model 8



Resultados

Mask R-CNN vs Image J

- Alta correlación entre los parámetros fenotípicos
 - Longitud, anchura y superficie de la panoja
- Correlación intermedia entre los valores RGB
- Mask R-CNN permite fenotipar varias imágenes tras el entrenamiento del modelo

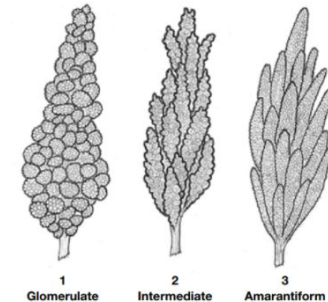


Manuscrito 2

Outputs

- Modelos de segmentación y clasificación para imágenes de panículas de quinoa
- Pipeline para la extracción de variables fenotípicas y su análisis
- Paquete R para generar etiquetas mediante capas
 - huito R package

Limitaciones







INIA ALTIPLANO (CHECK)
Medianamente Susceptible al Mildiu

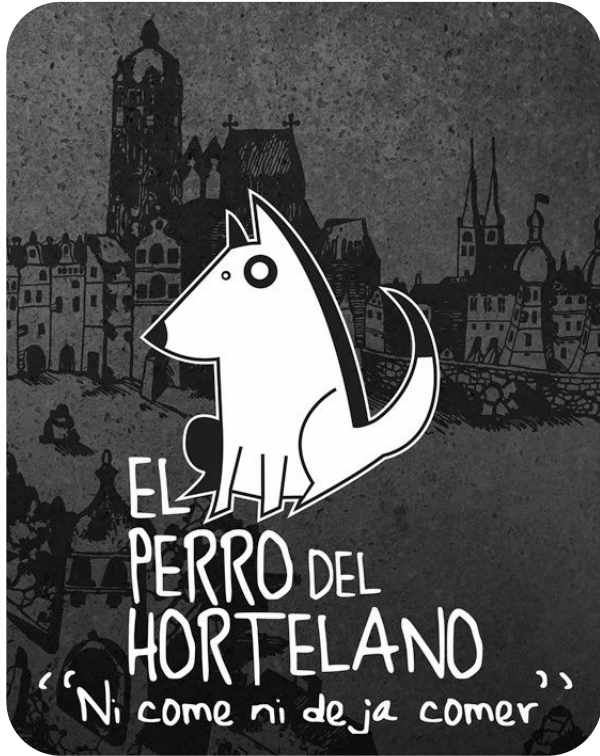


PANDELA ROSADA (PARENTAL)
Altamente Susceptible al Mildiu

ILLPA 2018-2019



Posibilidades y Retos



<< Lope de Vega >>

- El problema no es el “qué” sino, el “cómo”
- Promover el uso racional de los recursos genéticos
 - Actitud proactiva con nuestros recursos y la nuevas tecnologías
 - Invertir en preparación de recursos humanos para nuestro país
- Incentivar a las nuevas generaciones
 - Aprender idiomas

Agradecimientos



- Agricultores que hacen posible este trabajo.
- Los estudiantes que ayudan en los experimentos.
- Ing. José David Apaza Calcina
- Ing. Edwin Barrientos Arpasi
- Dr. Raúl Blas Sevillano
- Dr. Luz Gómez Pando
- Ing. Aquilino Alvarez Cáceres
- Dr. Angel Mujica Sánchez
- Dr. Jesús Arcos
- Dr. Bettina Haussmann
- Dr. Karl Schmid

