



## CAMBIOS FISCOQUÍMICOS POR EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN SOLAR EN TUBÉRCULOS DE *OXALIS TUBEROSA*, “OCA” CULTIVADOS EN BOLIVIA

Received 06 17 2022  
Accepted 06 26 2022  
Published 06 30 2022

Vol. 39, No.2, pp. 00-00, May./Jun. 2022  
Revista Boliviana de Química

39(2), 00-00, May./Jun. 2022  
Bolivian Journal of Chemistry  
DOI: 10.34098/2078-3949.39.2.3



Full original article

Peer-reviewed

Grover Castañeta<sup>1</sup>, Ruddy Castañeta<sup>2</sup>, J. Mauricio Peñarrieta<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Food Chemistry Laboratory, Instituto de Investigaciones Químicas IIQ, Chemical Sciences Department, Facultad de Ciencias Puras y Naturales FCPN, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, P.O. Box 303, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria Cota-Cota, phone +59122795878, La Paz, Bolivia, [gcastaneta1@gmail.com](mailto:gcastaneta1@gmail.com); [jmpenarrieta1@umsa.bo](mailto:jmpenarrieta1@umsa.bo); [www.umsa.bo](http://www.umsa.bo).

<sup>2</sup>Carrera de Física, Facultad de Ciencias Puras y Naturales FCPN, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria Cota-Cota, La Paz, Bolivia, [rcastanetac@fcpn.edu.bo](mailto:rcastanetac@fcpn.edu.bo); [www.umsa.bo](http://www.umsa.bo).

**Keywords:** Andean food, °Brix, Sweetening, Oxalidaceae, Solar radiation, Sunlight, Tuber

**Palabras clave:** Alimento andino, °Brix, Endulzamiento, Oxalidaceae, Radiación solar, Asoleo, Tubérculo

### ABSTRACT

As part of a Bolivian food valorization program based on its chemical properties, some physicochemical changes were studied in the tubers of *Oxalis tuberosa*, a species known in the Andean region under the name of "oca". The tuber of *Oxalis tuberosa* is a representative food of the Andes of South America and is the third most cultivated tuber in Bolivia after potatoes and cassava. Oca is a good source of starch, minerals, vitamin C and phenolic compounds. Despite being a food with such characteristics, its production is declining, since it is mostly intended for self-consumption. In order to increase its natural sweetness (increase in free sugars) its exposure to sunlight prior to consumption is customary, making thus, more acceptable to the consumers. In the present work, the influence of total solar radiation on some physicochemical properties was investigated: soluble solids, color, humidity, titratable acidity and pH of some oca accessions produced in La Paz, Bolivia. Freshly harvested varieties and varieties from local markets were evaluated and exposed to the sun for 10 days (5 h/day). The results indicate that most of the samples do not lose moisture and titratable acidity significantly, but there are significant changes in soluble solids,



color and pH. It was possible to determine that the optimum sun exposure time to reach maximum sweetness ranges from 5 to 10 days in freshly harvested samples and between 3 to 6 days in commercial samples.

\*Correspondent autor: [jmpenarrieta@umsa.bo](mailto:jmpenarrieta@umsa.bo)

## RESUMEN

Como parte de un programa de valorización de alimentos bolivianos a partir de sus propiedades químicas se estudió algunos cambios fisicoquímicos en los tubérculos de *Oxalis tuberosa*, especie conocida en la región andina bajo el nombre de “oca”. El tubérculo de *Oxalis tuberosa* es un alimento representativo de los Andes de Sudamérica y es el tercer tubérculo más cultivado en Bolivia después de la papa y la yuca. La oca, es fuente una buena fuente de almidón, minerales, vitamina C y compuestos fenólicos. A pesar de ser un alimento con tales características, su producción está disminuyendo, debido a que ésta es destinada en su mayoría para el auto consumo. Para ser más aceptable por la población, se acostumbra su exposición a la luz solar previa al consumo, esto, para incrementar su dulzor natural (aumento de azúcares libres). En el presente trabajo se investigó la influencia de la radiación solar total sobre algunas propiedades fisicoquímicas: sólidos solubles, color, humedad, acidez titulable y pH de algunas accesiones de oca producidas en La Paz, Bolivia. Se evaluaron variedades recién cosechadas y de mercados locales y se expusieron al sol durante 10 días (5 h/día). Los resultados indican que la mayoría de las muestras no pierden humedad y acidez titulable significativamente, pero sí existen cambios significativos en los sólidos solubles, color y pH. Se pudo determinar que el tiempo de exposición solar óptimo para que llegar a un máximo dulzor oscila entre 5 a 10 días en muestras recién cosechadas y entre 3 a 6 días en muestras comerciales.

## INTRODUCCIÓN

Hace aproximadamente 8000 años, diversos tubérculos entre ellos la papa, fueron domesticados por civilizaciones contemporáneas en la región andina de América del Sur [1]. El consumo de tales productos alimenticios se ha perpetuado hasta nuestro días, en particular por las poblaciones bolivianas de las naciones quechua y aymara [2].

Antiguamente, los alimentos andinos eran consumidos únicamente por comunidades nativas y muy poco conocidos fuera de la región, pero en los últimos años han generado interés a nivel mundial debido a su potencial en nutrientes y compuestos activos [3,4].

El tubérculo de *Oxalis tuberosa*, conocido en la zona andina de Bolivia como oca, se constituye en un importante alimento para las comunidades andinas y las ciudades cercanas a éstas, ya que es el segundo cultivo en producción de la región después de la papa. Es conocido con diversos nombres vernaculares como: oca, apilla, uncha, ibia, yam, miquichi y cuiba [5,6]. Este alimento se caracteriza por su amplia variedad de accesiones y se distingue debido a la forma de sus hojas y tallos, pero principalmente por las características morfológicas de sus tubérculos que presentan formas ovoides, cilíndricas y claviformes. Además, poseen una pigmentación variable en su superficie e interior presentando colores como blanco, crema, amarillo, naranja, rosa, morado e incluso negro, sin embargo, en su mayoría presentan mezclas entre estos colores ya que se estima más de 1000 accesiones [5-7]. La oca fue domesticada en la región andina entre los 2500 a 4000 m.s.n.m., puede soportar clima extremo (bajas temperaturas) y tolerar suelos pobres en nutrientes por lo cual es cultivada principalmente en las tierras altas de Bolivia, Ecuador y Perú y en menor intensidad en Argentina, Colombia, Chile y Venezuela. El intento de cultivarla en Europa fracasó porque no se estableció como cultivo permanente, pero sí se pudo introducir en México y Nueva Zelanda, donde la oca es conocida como papa roja y ñame respectivamente [6,8].

Los productores de oca conocen las ventajas y desventajas de las accesiones locales tanto para su producción, alimentación, usos culinarios e incluso propiedades medicinales [7] ya que pueden distinguir entre las variedades dulces, semidulces y amargas (conocidas como luk'i). Esta última parece poseer mayor concentración de ácido oxálico [9] y oxalatos y por ende sus tubérculos pueden contribuir a la formación de cálculos renales e inducir a la descalcificación de material óseo y se recomienda su consumo moderado en personas que sufren de hiperoxaluria entérica o primaria [10,11].

Una de las peculiaridades de este alimento es que debe exponerse al sol con días de anticipación a su consumo con el objetivo de promover la formación de azúcares libres y de esta manera reducir o enmascarar el sabor amargo que confieren los oxalatos solubles [5,9,12,13]. Esto se debe a que la radiación solar por encima de 3000 m.s.n.m. es muy alta y la humedad relativa del ambiente es muy baja en comparación a lugares más cercanos al nivel del mar, ambos factores favorables para este proceso [14].



**Figure 1.** Proceso de Soleado a) ocas frescas, b) ocas soleadas  $\approx$  10 días, c) ocas soleadas en exceso  $>$ 15 días.

La producción de oca del último decenio en Bolivia fue de 22,500 TM/año [15], y en el último periodo agrícola (2020-2021) de 23,751 TM [15], siendo La Paz, Potosí y Cochabamba los departamentos con mayor producción [15]. A pesar de sus bondades nutricionales y funcionales, la tendencia de la producción es a la baja, por factores sociales y económicos como la migración campesina a los centros urbanos del eje urbano de Bolivia y la baja rentabilidad del producto, factores de cambio climático y ambientales y factores propios de la agricultura como la recurrencia de plagas de diversa naturaleza [16]. Por estas razones, la investigación es importante para aumentar el conocimiento y la revalorizar el producto. El presente es el primer, sino el único estudio para conocer la relación entre tiempo de exposición al sol y valor máximo de azúcares y por ende del dulzor en ocas de Bolivia. También se estimó la variación del color, la humedad, la acidez titulable y el pH en función del tiempo de exposición a radiación solar.

## RESULTADOS

### Caracterización morfológica

Se trabajó con 6 accesiones de oca: recolección de semilla, sembrado, cosecha y posterior selección. Las muestras recién cosechadas se denominaron “frescas” cada muestra difiere en color, forma y tamaño, las muestras fueron clasificadas morfológicamente según [17].

**Tabla 1.** Características morfológicas de las muestras de oca frescas.

Muestra (Código)	Dimensiones (mm) $n=15$		Característica del color en el tubérculo	
	Largo (media)	Diámetro (media)	Piel	Pulpa
O. Blanca (OB)	66.2 – 138.0 (98.86)	18.5 – 28.7 (24.92)	Blanca amarillenta con brotes ligeramente morados	Amarilla pálida
O. Amarilla (OAM)	68.7 – 87.9 (77.74)	18.5 – 27.1 (22.92)	Amarilla sin brotes	Amarilla
O. Rosada (ORO)	62.5 – 78.0 (66.34)	17.1 – 24.7 (19.72)	Rosada con mayor intensidad en los brotes	Amarilla pálida, rosada intensa en la medula
O. Roja (OR)	35.9 – 73.1 (63.22)	16.9– 18.9 (18.04)	roja pálida	Amarilla pálida, y roja en la medula y corteza
O. Overa (OOV)	53.9 – 78.4 (65.68)	19.7 – 23.0 (21.74)	Morada con brotes de color amarillo intensos	Amarilla intensa, morada en la medula y corteza
O. Purpura (OPU)	33.6 – 66.1 (53.3)	21.1 – 25.9 (22.84)	Enteramente morada	Blanca, morada en el anillo vascular y corteza

La Oca Blanca (OB) posee una ligera coloración violácea en la parte de los brotes (comúnmente conocido como “ojos”), la piel y la pulpa son de color blanco. La oca amarilla (OAM) con una distribución unicolor tanto para la



superficie de la piel y su pulpa de color amarillo, ambos poseen forma claviforme. La oca rosada (ORO), la oca roja (OR) y la oca overa (OOV) poseen una forma alargada. ORO con un color primario amarillo pálido y color secundario rosado el cual está distribuido irregularmente en la piel, pero con más intensidad en la región de los brotes y la medula. OR externamente posee un color rojo, pero en la pulpa está dividido por un color amarillo pálido como primario y rosado en el anillo vascular y la corteza. OOV dominado con un color púrpura en la piel con ligera coloración amarilla alrededor de los brotes, en la pulpa están presentes los mismos colores observando que su medula y corteza poseen el color púrpura. Finalmente oca púrpura (OPU) que posee una forma ovoide, se caracteriza por su color morado uniforme en su piel pero con mayor intensidad alrededor de los brotes, mientras que la pulpa está distribuida por un color amarillo y púrpura distribuido en el anillo vascular. Los colores fueron estimados a simple vista, pero estas muestras también se analizaron por colorimetría que se puede observar en la tabla 2.

### Propiedades fisicoquímicas

Para observar los cambios fisicoquímicos de las ocas, se asoleó las mismas por un determinado tiempo y luego se midieron los parámetros descritos abajo.

Según los productores, comerciantes y consumidores de oca el tiempo de exposición al sol (asoleo) óptimo es de entre 4 a 7 días, tiempo suficiente para que se obtenga el dulzor característico de este alimento. Por lo cual antes de comenzar los análisis se realizó un ensayo preliminar con las muestras frescas, para tener un parámetro aproximado.

Mediante un refractómetro se determinó cómo incrementaba la concentración de sólidos solubles, principalmente dado por azúcares libres tales como glucosa, sacarosa, fructosa y algunos ácidos orgánicos [13] después de 5, 10 y 12 días de exposición solar (ver figura 2). Las muestras frescas presentaron de 5.4 a 7.6 de °Brix inicialmente, tras 5 días de exposición solar la mayoría duplicó su valor inicial, al 10° día de asoleo se llegó al valor máximo de sólidos solubles. Comparando con los 12 días de exposición, no se observa ningún cambio significativo en comparación con los valores determinados a 10 días, por lo que se recomendaría este dato como día máximo de asoleado óptimo ya que si se excede en los días de asoleo puede que el alimento se malogre como se observa en la figura 1c).

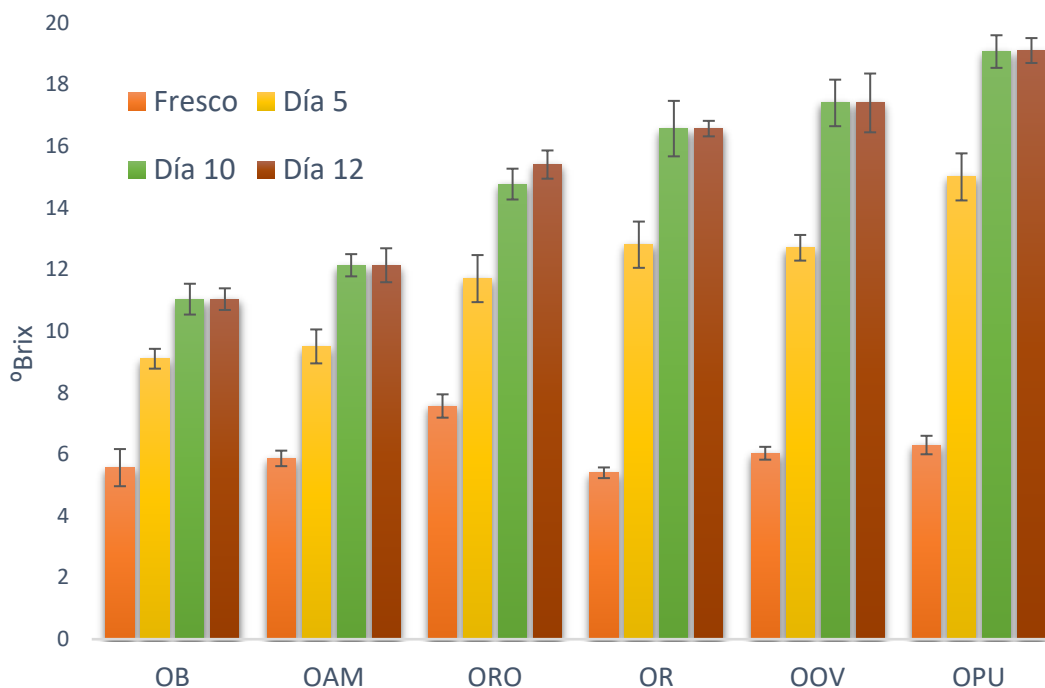








Figure 2. Sólidos solubles en muestras de oca fresca y su variación tras exposición solar.

Como siguiente paso se realizaron los análisis de color, humedad, sólidos solubles, pH y acidez titulable para comprobar cómo la radiación solar influyó en las propiedades fisicoquímicas (tabla 2 y 3), a partir de muestras frescas (exposición solar nula) comparadas con muestras soleadas por 10 días.



Las 6 muestras de oca frescas se sometieron a exposición solar por 10 días (5 horas por día), los resultados se muestran en la tabla 2 y 3. Para la evaluación del color se midieron el color total de la piel (color externo) y de la pulpa (color interno) tanto de las muestras frescas como de las muestras soleadas, los datos son presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Variación de color en oca después de 10 días de exposición solar

Apariencia de la muestra	Fresca		Soleada		
	Piel	Pulpa	Piel	Pulpa	
<b>O. Blanca (OB)</b>					
	L	50.7 ± 0.8	48.8 ± 1.1	16.1 ± 0.2	39.0 ± 0.3
	a	24.2 ± 0.8	-1.6 ± 0.2	2.4 ± 0.3	-3.2 ± 0.1
	b	7.7 ± 0.3	29.1 ± 0.7	14.8 ± 0.7	12.8 ± 0.6
	C	25.4 ± 0.9	29.1 ± 0.7	15.0 ± 0.8	13.2 ± 0.6
	°H <sub>ab</sub>	17.8 ± 0.1	86.8 ± 0.3	80.8 ± 0.6	75.8 ± 0.01
<b>O. Amarilla (OAM)</b>					
	L	64.5 ± 1.11	63.3 ± 0.3	47.5 ± 0.7	44.3 ± 1.1
	a	0.53 ± 0.04	-3.4 ± 0.1	-0.49 ± 0.03	-3.4 ± 0.1
	b	28.4 ± 0.4	28.2 ± 0.2	20.3 ± 0.2	18.8 ± 0.2
	C	28.4 ± 0.4	28.4 ± 0.2	20.3 ± 0.2	19.1 ± 0.2
	°H <sub>ab</sub>	88.9 ± 0.1	83.2 ± 0.2	88.6 ± 0.1	79.6 ± 0.3
<b>O. Rosada (ORO)</b>					
	L	43.8 ± 0.7	47.4 ± 0.6	36.0 ± 0.5	35.8 ± 0.3
	a	10.8 ± 0.3	10.5 ± 0.2	18.1 ± 0.3	7.3 ± 0.1
	b	12.5 ± 0.6	7.8 ± 0.1	11.3 ± 0.2	8.4 ± 0.3
	C	16.6 ± 0.6	13.1 ± 0.2	21.3 ± 0.4	11.1 ± 0.3
	°H <sub>ab</sub>	49.2 ± 0.5	36.7 ± 0.01	31.9 ± 0.01	49.2 ± 0.4
<b>O. Roja (OR)</b>					
	L	41.0 ± 0.7	61.8 ± 0.44	24.0 ± 0.1	55.1 ± 0.2
	a	11.4 ± 0.2	5.7 ± 0.3	15.2 ± 0.2	4.5 ± 0.1
	b	3.2 ± 0.2	10.7 ± 0.4	5.9 ± 0.1	12.0 ± 0.2
	C	11.9 ± 0.1	12.1 ± 0.5	16.3 ± 0.2	12.8 ± 0.2
	°H <sub>ab</sub>	15.9 ± 0.9	62.2 ± 0.3	21.4 ± 0.2	69.7 ± 0.2
<b>O. Overa (OOV)</b>					
	L	25.8 ± 0.3	55.4 ± 0.1	18.4 ± 0.3	43.4 ± 0.4
	a	16.7 ± 1.1	0.11 ± 0.03	11.0 ± 0.2	-1.9 ± 0.1
	b	3.6 ± 0.1	20.0 ± 0.8	3.7 ± 0.1	16.8 ± 0.3
	C	17.1 ± 1.1	20.0 ± 0.8	11.6 ± 0.2	16.8 ± 0.3
	°H <sub>ab</sub>	12.2 ± 0.3	89.7 ± 0.1	18.6 ± 0.1	83.5 ± 0.1
<b>O. Purpura (OPU)</b>					
	L	36.2 ± 0.3	44.8 ± 0.4	21.3 ± 0.3	26.2 ± 0.5
	a	18.9 ± 0.2	5.1 ± 0.1	14.8 ± 0.3	3.8 ± 0.1
	b	3.0 ± 0.1	13.9 ± 0.2	3.3 ± 0.1	15.2 ± 0.4
	C	19.1 ± 0.3	14.8 ± 0.2	15.2 ± 0.3	15.6 ± 0.4
	°H <sub>ab</sub>	9.0 ± 0.2	20.0 ± 0.2	12.6 ± 0.2	76.1 ± 0.9

L=luminosidad; a (+rojo, -verde); b (+amarillo, -azul); C = Croma; °H<sub>ab</sub> = ángulo de matiz

En la tabla 2 se puede observar que en las muestras frescas OAM tienen mayor luminosidad (L) tanto en la piel como en la pulpa, mientras que las que presentan menor luminosidad en la piel y pulpa son OOV y OPU respectivamente. En todos los casos se pudo evidenciar que la luminosidad disminuyó en las muestras soleadas.



OAM posee valores de  $^{\circ}\text{H}_{\text{ab}}$  casi puros al amarillo ( $90^{\circ}$ ); en el caso de OB por tener una tonalidad cercana a blanco éste no fue detectado por el colorímetro, pero sí se detectó el color rojo con un  $^{\circ}\text{H}_{\text{ab}}$  de 17.75 cercano al rojo puro ( $0^{\circ}$ ) pero éste incrementó a 80.81, lo cual indica un cambio brusco en la piel de color blanco a amarillo, pero redujo levemente su  $^{\circ}\text{H}_{\text{ab}}$  en la pulpa.

ORO mostró un  $^{\circ}\text{H}_{\text{ab}}$  intermedio entre en amarillo ( $90^{\circ}$ ) y rojo ( $0^{\circ}$ ) tanto en la piel como la pulpa, lo que daría un color intermedio entre estos dos. Para OR, OOV y OPU su  $^{\circ}\text{H}_{\text{ab}}$  en la piel fresca es cercana al rojo puro ( $0^{\circ}$ ) que aumenta ligeramente en las muestras soleadas, pero algo particular pasa en los colores de las pulpas donde se observan valores cercanos al amarillo ( $90^{\circ}$ ).

Respecto a los valores de humedad, las muestras frescas OAM y OB presentaron mayor humedad con un 84.0% y 83.1% respectivamente, pero estas poseían menor concentración de sólidos solubles, mientras tanto que las muestras con menor contenido de humedad fueron ORO y OPU con 77.1%, y 79.1% respectivamente, mostrando mayor concentración de sólidos solubles. En el caso de los valores de pH OR fue la que presentó menor pH inicial y por lo tanto mayor acidez titulable.

Tabla 3. Comparación de las propiedades fisicoquímicas de ocas

Muestra (código)	Estado	Humedad (%)	Sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	pH	Acidez titulable (% Ac. oxálico)
O. Blanca (OB)	Fresco	83.1 $\pm$ 0.7	5.6 $\pm$ 0.6	6.46 $\pm$ 0.02	0.145 $\pm$ 0.013
	Soleado	81.7 $\pm$ 0.5	10.5 $\pm$ 0.5*	6.61 $\pm$ 0.02*	0.138 $\pm$ 0.012
O. Amarilla (OAM)	Fresco	84.0 $\pm$ 0.3	5.9 $\pm$ 0.3	6.05 $\pm$ 0.01	0.181 $\pm$ 0.021
	Soleado	83.5 $\pm$ 0.5	11.9 $\pm$ 0.4*	6.74 $\pm$ 0.03*	0.155 $\pm$ 0.022
O. Rosada (ORO)	Fresco	77.1 $\pm$ 0.9	7.6 $\pm$ 0.4	5.95 $\pm$ 0.03	0.191 $\pm$ 0.013
	Soleado	75.8 $\pm$ 2.2	12.5 $\pm$ 0.5*	6.83 $\pm$ 0.03*	0.177 $\pm$ 0.022
O. Roja (OR)	Fresco	82.5 $\pm$ 0.2	5.4 $\pm$ 0.2	4.01 $\pm$ 0.01	0.450 $\pm$ 0.021
	Soleado	73.8 $\pm$ 4.7*	16.2 $\pm$ 0.9*	5.56 $\pm$ 0.02*	0.329 $\pm$ 0.022*
O. Overa (OOV)	Fresco	81.3 $\pm$ 0.6	6.0 $\pm$ 0.2	5.82 $\pm$ 0.01	0.204 $\pm$ 0.013
	Soleado	72.8 $\pm$ 3.3*	17.2 $\pm$ 0.8*	6.95 $\pm$ 0.05*	0.131 $\pm$ 0.022*
O. Púrpura (OPU)	Fresco	79.1 $\pm$ 1.2	6.3 $\pm$ 0.3	5.65 $\pm$ 0.05	0.235 $\pm$ 0.021
	Soleado	75.6 $\pm$ 1.2	19.2 $\pm$ 0.5*	6.82 $\pm$ 0.02*	0.185 $\pm$ 0.013

(\*) Indica diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) respecto a su estado fresco inicial, mediante análisis ANOVA y prueba Tukey ( $n=3$ )

Después de asolear las muestras frescas se pudo evidenciar que la humedad disminuyó significativamente en OR y OOV mientras que en OB, OAM, ORO y OPU no hubo disminución significativa, esto podría ser debido a las dimensiones de cada oca, que mientras más diámetro tenga la variedad, mayor será su resistencia a la pérdida de humedad. En el caso de los sólidos solubles, este después de la exposición solar se observan diferencias significativas ya que en todos los casos se duplicaron e incluso triplicaron su valor inicial (OR, OOV y OPU), esto por el incremento de azúcares libres en el alimento.

Por otra parte, los valores de pH también sufrieron cambios significativos en todas las muestras, esto debido a que durante la exposición a la radiación solar, se produjo una disminución en la concentración de los ácidos orgánicos del alimento [9], pero esto no influyó significativamente en la acidez titulable en la mayoría de las muestras.

### Sólidos solubles de muestras comerciales

Se recolectaron 20 muestras de distintos tipos de oca de diversos mercados de La Paz, El Alto y ferias rurales cercanas (ver tabla 4). Es importante tomar en cuenta que estas muestras no eran frescas ya que las ocas que se comercializan en los mercados y ferias tuvieron un tiempo de almacenamiento además de que al exponerlas a la venta presentan cierto grado de exposición al sol.

Todas las muestras se midieron a 3, 6, 9, 12 días de exposición solar, donde los resultados muestran que el valor inicial para ocas de tonalidad amarilla se encuentra entre 5.4-9.0  $^{\circ}\text{Brix}$ , para ocas naranjas entre 7.0-8.2, para ocas de tonalidad rosada entre 6.9-10.4 y que las variedades con tonalidad roja poseen mayor concentración de sólidos solubles iniciales. En general se puede ver que, tras el tercer día de asoleo, la mayoría de las muestras tuvo un incremento significativo, pero desde el día 6 para adelante la mayoría de las muestras ya no poseen un aumento significativo en la concentración de los sólidos solubles, por lo que el rango óptimo de asoleo para muestras de ocas comerciales debería estar entre 4-7 días dependiendo de las características de la muestra, corroborando los rangos que indicaban los productores y consumidores de oca.



Tabla 4. Variación de °Brix tras exposición solar en muestras comerciales de oca.

Muestra	Mercado	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
Blanca	V. Fátima	6.6 ± 0.4	10.3 ± 0.2	11.3 ± 0.7*	12.3 ± 0.3*	11.5 ± 0.4*
Amarillo	16 de Julio	8.7 ± 0.2	10.6 ± 0.4	14.0 ± 0.1	16.3 ± 0.6	18.3 ± 0.6
	Achacachi	5.4 ± 0.5	10.0 ± 0.5	11.9 ± 1.3*	11.6 ± 1.0*	12.8 ± 0.2*
	Batallas	8.5 ± 0.2	10.2 ± 0.3	11.8 ± 0.2	12.4 ± 0.4	15.2 ± 0.2
	Ceja	9.0 ± 0.6	10.7 ± 0.4	12.5 ± 0.3	13.8 ± 0.2*	13.9 ± 0.3*
	Miraflores	7.0 ± 0.1	12.9 ± 0.3	13.8 ± 0.1	14.8 ± 0.2	16.2 ± 0.1
	Río Seco	7.9 ± 0.3	9.2 ± 0.3	13.9 ± 0.8*	14.7 ± 0.3*	14.9 ± 0.6*
	Copacabana	6.7 ± 0.2	10.2 ± 0.2	11.6 ± 0.3	13.6 ± 0.4*	14.0 ± 0.4*
	V. Armonía	6.4 ± 0.4	10.1 ± 0.3	12.9 ± 0.3*	12.9 ± 0.1*	13.3 ± 0.8*
Naranja	Batallas	7.0 ± 0.2	7.6 ± 0.4	11.2 ± 0.4*	11.5 ± 0.8*	12.8 ± 0.7
	Rodríguez	8.2 ± 0.1	8.5 ± 0.2	11.1 ± 0.8	14.7 ± 0.2*	14.8 ± 0.2*
	V. Armonía	7.6 ± 0.4	11.9 ± 0.7	13.8 ± 0.2*	13.5 ± 0.3*	15.2 ± 0.5
Rosado	16 de Julio	7.1 ± 0.2	9.6 ± 0.2	12.0 ± 0.1*	12.5 ± 0.1*	12.5 ± 0.4*
	Achacachi	10.4 ± 0.5	11.3 ± 0.6	13.1 ± 0.3*	13.5 ± 0.3*	13.7 ± 0.4*
	Batallas	9.6 ± 0.4	14.3 ± 0.5*	14.4 ± 1.1*	15.5 ± 0.3*	15.4 ± 0.3*
	Huarina	8.3 ± 0.3	14.5 ± 1.6*	13.5 ± 0.1*	13.0 ± 0.4*	12.6 ± 0.4*
	Río Seco	6.9 ± 0.3	11.7 ± 0.4	12.8 ± 0.2*	12.8 ± 0.3*	15.7 ± 0.5
	V. Armonía	8.8 ± 0.2	13.9 ± 0.3	15.5 ± 0.4*	14.9 ± 0.3*	14.8 ± 0.5*
Rojo	Ceja	10.7 ± 0.4	12.2 ± 0.6	15.5 ± 0.9*	15.0 ± 0.1*	16.4 ± 1.2*
	Rodríguez	9.5 ± 0.3	9.9 ± 0.3	12.7 ± 0.7	17.0 ± 0.2	19.7 ± 0.7

(\* ) Indica que ya no existe cambios significativos durante el proceso de adulzamiento respecto al día de asoleo, mediante ANOVA y prueba Tukey ( $n=4$ )

## DISCUSIONES

### Cambio en las propiedades fisicoquímicas

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran que el proceso de asoleo en las ocas afecta algunas de las propiedades fisicoquímicas de manera significativa como se muestran en la tabla 1.

En el caso de la humedad las muestras frescas presentaron valores entre 84.0-77.1%, similar humedad fue reportada en muestras de ocas bolivianas de otros departamentos de Bolivia como Cochabamba [18] y Tarija [19]. También estos valores fueron similares a la humedad de ocas de otros países como por ejemplo de Colombia con 80.2-84.6% [20], 80.0-86.8% en ocas de Perú [21-23] y 79.0-87.3 en ocas de Nueva Zelanda [19,24-26]. Sin embargo, fueron superiores a los valores determinados en ocas de Argentina que reportaron entre 73.0-76.8% de humedad [27] lo cual puede deberse a que estas últimas tuvieron un tiempo mayor de almacenamiento o fueron asoleados previamente ya que son comparables con algunas muestras asoleadas de este estudio.

En cuanto a los valores de pH, un estudio reportó que el pH en diferentes muestras de oca (materia seca) varía entre 4.8-5.3 y ligeramente después de ser cocinadas u horneadas [24]. Otro estudio muestra que el pH en diferentes accesiones de oca varía de 5.0 a 6.9 siendo 6.3 el pH más frecuente, además concluye que la diferencia de pH entre las diferentes variedades de oca se atribuye a diferencias en el contenido de ácido oxálico [9]. En el presente estudio se pudo observar que el pH en oca fresca varía entre 4.0-6.5 y que se incrementa significativamente después de la exposición solar (tabla 3); donde la variedad que sufrió mayor cambio fue la OR que presentó el pH inicial más ácido con 4.0 y luego de ser expuesto al sol cambió a 5.6 mientras tanto que OB y OAM fueron las que sufrieron un menor cambio en el pH. Este cambio en el pH se debe a que la luz solar contribuye a que una parte de los ácidos orgánicos presentes en la oca sufran descomposición [9], lo que provoca que se incremente el pH del alimento y que paralelamente disminuya su acidez.

Tras 10 días de exposición solar también ocurrió un aumento en el contenido de sólidos solubles lo que provoca una disminución en los ácidos orgánicos presentes que paralelamente ocasiona un incremento en el pH y una ligera disminución de la acidez titulable, por lo cual en el presente estudio se propone que los días de asoleo para ocas frescas (recién cosechadas) no debe exceder los 10 días, esto para que no exista una disminución drástica de los ácidos orgánicos ya que esto podría promover un medio idóneo para el crecimiento de microorganismos como hongos y levaduras [28], por lo tanto es común que las ocas asoleadas tengan una vida útil más corta [12] ya que el excesivo



asoleo (sin llegar a deshidratar por completo) provoca que la punta comienza a secarse y la cascara a arrugarse (figura 1c) y son blancos para proliferación de microorganismos.

Nuestros resultados de sólidos solubles en las muestras frescas y comerciales se asemejan a otros estudios similares donde se observaron que el mayor aumento de sólidos solubles va desde el segundo al octavo día de asoleo [29]. Pero también se vio que los °Brix pueden incrementar de 7.5 a 15.0 después de 20 días de exposición solar, pero casi se mantiene constante entre los días 3-10 [30]. Otro estudio indica que la concentración de sólidos solubles varía de 7.0 a 13.9 °Brix donde desde el día 8 para adelante logra mantenerse constante [29]. Este incremento se debe en gran medida a la intensidad de la radiación solar que ocasiona una ligera deshidratación parcial en las ocas con un aumento en la materia seca, donde se encuentran azúcares libres como glucosa, fructosa y sacarosa [13]. Por lo que en nuestro estudio se propone que para muestras frescas (recién cosechadas) el tiempo óptimo de asoleo estaría entre los 5 a 10 días, mientras que para las muestras comerciales estarían entre 3-7 días, para estos últimos se debe tener en cuenta el aspecto de la muestra y preguntar previamente al vendedor si la muestra está asoleada previamente (información incierta).

En el caso del color, estudios previos caracterizaron el cambio de color de ocas después de diferentes métodos de cocción como hervido, al horno y al vapor [24,31], pero este sería el primer estudio donde se evalúa el cambio de color en ocas tras exposición solar. Las diferentes variedades de ocas presentan diversos colores que pueden ir desde blanco a morados intensos y que están regulados principalmente por la presencia de sus compuestos químicos como carotenoides, flavonoides y antocianinas [21,32], que son susceptibles a cambio tras exposición al sol [33], lo que podría cambiar la apariencia de las ocas después de ser asoleadas como el caso de OB que pasa de tener una apariencia blanca a amarilla o la pérdida de intensidad de color en las muestras más coloreadas como OOV, OR y OPU.

### ***Posibles mecanismos de endulzamiento***

Hasta la fecha no se conoce con certeza como ocurre el endulzamiento en los tubérculos después de ser cosechados, excepto para la papa ya que su endulzamiento es provocada principalmente por el almacenamiento a bajas temperaturas que activa su expresión génica y provoca la acumulación de azúcares como glucosa y fructosa como producto de la degradación de su almidón [34,35]. Por otra parte, la oca posee un proceso peculiar ya que su endulzamiento es estimulado en pocos días por la radiación solar, lo cual no se observa en otros tubérculos. Por lo que surge la pregunta ¿De dónde y cómo aumentan los azúcares después de la exposición solar? Una de los mecanismos más mencionados en algunos manuscritos, indican que el dulzor de la oca proviene de la degradación de su almidón, degradación provocada por enzimas [5,13]. Según Hermann y Erazo [13] después de 10 días de exposición solar se reporta la reducción de aproximadamente la tercera parte del almidón inicial e incrementa la concentración de azúcares comprobado así el aumento de sus sólidos solubles, donde la sacarosa aumenta considerablemente mientras que la concentración de fructosa y glucosa en algunas variedades se mantiene y en otras se incrementa ligeramente. Pero como se sabe, el almidón está compuesto por unidades de glucosa con enlaces  $\alpha$ -(1,4) y  $\alpha$ -(1,6) [36] por lo que si existiría una degradación del almidón la concentración de glucosa debería aumentar considerablemente y no así la de sacarosa, por lo que esta teoría hay que investigarla con mayor profundidad.

Por otra parte, tampoco se debe descartar que el incremento de fructosa en la oca se podría deber a la degradación de los fructooligosacáridos presentes en accesiones de oca en estudios similares al del presente trabajo, donde se evidenció la presencia de fructooligosacáridos entre 7.27 a 7.61 g por cada 100 g de oca [27].

Otra mecanismo posible que proponemos es que el endulzamiento de la oca está en función de la radiación, donde estudios previos demostraron que los entornos de luz o de radiación influyen en la composición química de azúcares mediante la regulación y estimulación enzimática y se evidenció un incremento significativo de azúcares solubles como glucosa, fructosa y sacarosa en platinos de lechuga y tomate después de la iluminación emitida por un diodo emisor de luz (LED) roja monocromática, debido a que se promueve la actividad de enzimas como la invertasa ácida e invertasa neutra [37-39]. Más estudios son necesarios para describir este fenómeno.

## **EXPERIMENTAL**

### ***Obtención de muestras***

Las semillas de oca blanca, amarilla, rosa, roja y morada se recolectaron de los mercados de la ciudad de El Alto, donde llegan ocas producidas en el altiplano norte del departamento de La Paz. Mientras que oca overa fue recolectada del mercado de Quillacollo, Cochabamba. Posteriormente en septiembre de 2021 estas semillas se sembraron en la comunidad Apuvillque, perteneciente a la provincia Omasuyos del departamento de La Paz. El sembrado se realizó a una altura aproximada de 4000 m.s.n.m. en las coordenadas 16°08'00.6"S 68°37'47.7"W, con



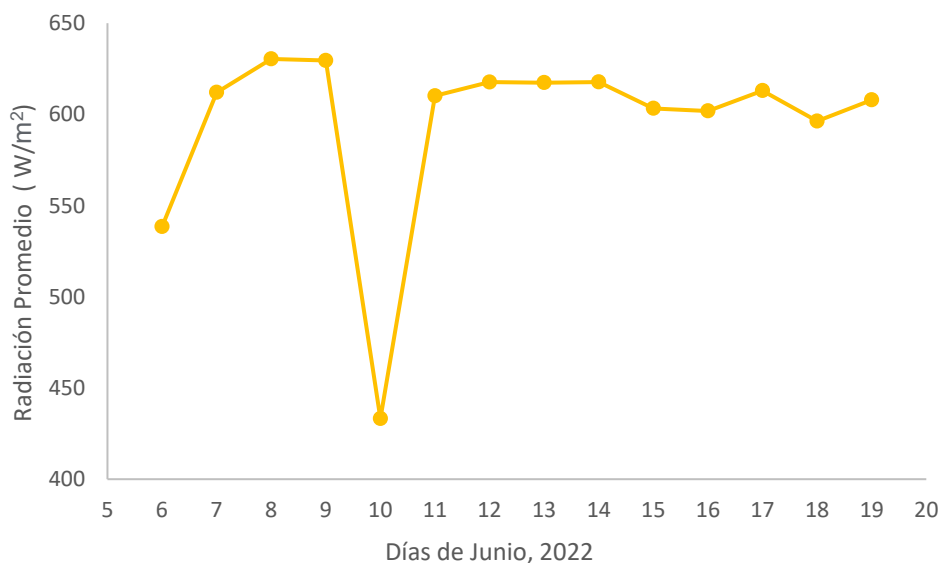


sembrado de forma tradicional y de manera manual sin uso de agroquímicos o abono adicional donde las principales características fueron que el tubérculo se enterró entre 20-25 cm de profundidad, con una distancia entre tubérculos de 20-30 cm. Una vez enterrados los tubérculos se esperó que estos se desarrollen hasta la época de cosecha (abril, 2022) este proceso duró 7.5 meses, finalmente se cosecharon las muestras, se seleccionaron y se trasladaron de inmediato al laboratorio para su análisis.

Para el análisis de sólidos solubles de ocas comerciales, se recolectaron 20 variedades de oca de los diferentes mercados de las provincias semiurbanas y de las ciudades de El Alto y La Paz en Bolivia en el mes de mayo de 2022 (época de cosecha de oca en el altiplano).

### ***Asoleo de muestras y radiación solar***

Se asolearon las muestras en una superficie plana al ras del suelo, los parámetros que se tomaron en cuenta fueron que asoleado durante 12 días seguidos, en un periodo de 5 horas diarias desde las 9:00 am hasta las 14:00 pm, debido a que son las horas de mayor exposición al sol. Se tomó la temperatura ambiente la cual varió entre los 16 a 25 °C. Como se muestra en la figura 2 la radiación solar promedio (9:00 am a 14:00 pm) en el periodo de asoleo fue de 595 W/m<sup>2</sup> donde el mínimo y el máximo fueron de 433 y 630 W/m<sup>2</sup> respectivamente, además de un índice UV promedio fue de 4, estos datos fueron proporcionados por el Laboratorio de Física de la Atmósfera (IIF, UMSA) medidos con un equipo meteorológico (Davis Vantage Pro 2, EE. UU.).



**Figure 2.** Valores de radiación solar promedio en el periodo que se asoleo las muestras de oca.  
Fuente: Laboratorio de Física de la Atmósfera (IIF, UMSA).

### ***Determinación de humedad***

Para la determinación de humedad se empleó un analizador de humedad (Radwag, MAC 110/WH, Polonia) para 5 g de muestra.

### ***Determinación de pH y acidez titulable***

Para la determinación de pH se modificó ligeramente el método recomendado por la AOAC 943.02 [40]. Donde a 10 g de muestra finamente picada se adicionaron 100 mL de agua miliQ y se mezcló con un agitador durante 30 min a 600 rpm, se dejó reposar durante 10 minutos, posteriormente se filtró la solución y se procedió a medir el pH (pH-Meter, Jenway 3520, UK), mientras que se empleó la misma solución para determinar la acidez titulable con una solución 0.1M de NaOH estandarizado.

### ***Determinación de sólidos solubles.***



De 1 a 2 g de muestra se cortó en rodajas, posteriormente se trituro con la ayuda de un mortero, el agua que se liberaba se analizó con un refractómetro de mano (RF.5532, type 0-32% ATC, Holanda).

### Determinación del color

Para determinar el color de pulpa, se realizó un corte transversal de cada muestra, además que también se determinó el color en su piel con la ayuda de un colorímetro (Chroma meter, CR-400, Japón). Para determinar la croma se utilizó la ecuación 1 y para el ángulo de matiz  $^{\circ}H_{ab}$  se empleó la ecuación 2.

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad \dots (1) \quad ^{\circ}H_{ab} = \arctan(b/a) \quad \dots (2)$$

### Análisis estadístico

Para determinar las variaciones y si existía diferencia significativa en los datos, éstos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) considerando un diseño completamente al azar. Las diferencias entre medias se compararon mediante la prueba Tukey a 5%. Ambos análisis se realizaron con el programa IBM SPSS Statistics 22.0, USA.

## CONCLUSIONES

En este estudio se determinó la variación en las propiedades fisicoquímicas de muestras frescas de oca, antes y después de ser expuesta al sol (proceso de endulzamiento). Se encontró que el color, pH y los sólidos totales cambian significativamente. Se pudo evidenciar que las variedades con menor diámetro (delgadas) como OR, OOV son las más susceptibles a cambios de humedad, mientras que las variedades con mayor diámetro (gruesas) como OB y OAM son más resistentes a los cambios de humedad tras la exposición solar.

El cambio significativo en el pH se podría atribuir a la descomposición de los ácidos orgánicos principalmente del ácido oxálico por efecto de la radiación solar, que cambian el sabor del alimento de levemente amargo a un dulce característico, esto por el aumento de azúcares libres y reducción del ácido oxálico.

Lo más interesante y rescatable fue que todas las muestras tienden a aumentar en gran medida sus azúcares libres (sólidos solubles) después de un tiempo determinado de exposición solar, por lo tanto, se hizo la estimación que el tiempo de endulzamiento óptimo estaría entre 5-10 días en muestras frescas de oca. Para muestras de oca comerciales dicho tiempo estaría entre 3-7 días dependiendo de su estado inicial; por ello, el uso del refractómetro de mano podría convertirse en una herramienta útil para productores y comerciantes de oca, ya que comprobarían a sus clientes que sus productos están en un grado de endulzado óptimo (por encima de 11°Brix) para su consumo.

La oca es un alimento milenario con propiedades nutricionales y funcionales y que actualmente se encuentra infravalorado, por lo que resulta importante continuar su revalorización a través de la difusión e investigación científica.

## AGRADECIMIENTOS

A María Aruquipa y Felix Castañeta Miranda comunarios de la comunidad Apuvillque, por su apoyo en la producción y obtención de las muestras de oca. A la agencia de cooperación sueca para el desarrollo (SIDA) y a la agencia del gobierno suizo para la cooperación al desarrollo (COSUDE).

## REFERENCIAS

1. Purugganan, M.D., Fuller, D.Q. **2009**, The nature of selection during plant domestication, *Nature*, 457, 843–848, DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07895>
2. Nina Gutiérrez, A.P., Murillo García, R. **2018**, Evaluación del comportamiento agronómico de tres ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*) y revalorización de las prácticas alimenticias ancestrales de la comunidad Huatapampa del municipio de Tito Yupanqui, *Apthapi*, 4(3), 1324–1333.
3. Leidi, E.O., Altamirano, A.M., Mercado, G., Rodríguez, J.P., Ramos, A., Alandía, G., Sørensen, M., Jacobsen, S.E. **2018**, Andean roots and tubers crops as sources of functional foods, *J. Funct. Foods*, 51, 86–93, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
4. Peñarrieta, J.M., Alvarado, J.A., Åkesson, B., Bergenstahl, B. **2005**, Total antioxidant capacity in andean food species from Bolivia, *Rev. Bol. Quím.*, 22(1), 89–93.
5. Chuquilin-Goicochea, R.C., Carolim, M., Teodoro, J. **2021**, Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): Una revisión, *Puriq* 2(3), 363–387.
6. Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., Pedreschi, R. *Bioactive potential of andean fruits, seeds, and tubers*, In: *Advances in Food and Nutrition Research*, **2018**, Elsevier Inc., Vol. 84, pp. 287–343, DOI: 10.1016/bs.afnr.2017.12.005



7. Pissard, A., Arbizu, C., Ghislain, M., Faux, A.M., Paulet, S., Bertin, P. **2008**, Congruence between morphological and molecular markers inferred from the analysis of the intra-morphotype genetic diversity and the spatial structure of *Oxalis tuberosa* Mol., *Genetica*, *132*, 71–85, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10709-007-9150-9>
8. Lim, T.K. Edible medicinal and non-medicinal plants: modified stems, roots, bulbs, **2016**, Vol. 12, Springer Cham, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5>
9. Bradbury, E.J., Emshwiller, E. **2011**, The role of organic acids in the domestication of *Oxalis tuberosa*: A new model for studying domestication resulting in opposing crop phenotypes, *Econ. Bot.*, *65*, 76–84, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9141-0>
10. Popova, A., Mihaylova, D. **2019**, Antinutrients in plant-based foods: A Review, *Open Biotechnol. J.*, *13*, 68–76, DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874070701913010068>
11. López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., Miguel, M. **2022**, Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? *J. Funct. Foods*, *89*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>
12. Saxena, A.K., Fuentes, X.C., Herbas, R.G., Humphries, D.L. **2016**, Indigenous food systems and climate change: Impacts of climatic shifts on the production and processing of native and traditional crops in the bolivian andes, *Front. Public Heal.*, *4*, 1–16, DOI: 10.3389/fpubh.2016.00020
13. Hermann, M., Erazo, C. **2000**, *Compositional Changes of Oca Tubers Following Postharvest Exposure to Sunlight*. Paper present at the Scientist and farmer partners in research for the 21st century Program Report, 391–396.
14. Ruckstuhl, C., Philipona, R., Morland, J., Ohmura, A. **2007**, Observed relationship between surface specific humidity, integrated water vapor, and longwave downward radiation at different altitudes, *J. Geophys. Res. Atmos.*, *112*, 1–7, DOI: <https://doi.org/10.1029/2006JD007850>
15. INE, Bolivia – Producción Año Agrícola por Departamento 1984 – 2021, Obtenido de: <https://www.ine.gob.bo/>. Fecha de acceso: 12/Jun/2022.
16. Condori, P., Almanza, J., Gonzales, R., García, W. **2003**, *Producción de oca (Oxalis tuberosa), papalisa (Ullucus tuberosus) e isaño (Tropaeolum tuberosum): Desarrollo de estrategias de manejo de plagas y enfermedades*; PROIMPA: Cochabamba, Bolivia.
17. Ipgri/Cip, **2001**, *Descriptores de Oca (Oxalis tuberosa Mol)*, Instituto Internacional de recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
18. Torres Santa Cruz, E.M., Torrico Aguilar, J.M. **2004**, Caracterización de diez variedades de *Oxalis tuberosa* Molina (oca) y alternativas de industrialización, *Investig. Desarro.* *1*(4), 75–84, DOI:10.23881/idupbo.004.1-10i.
19. Ross, A.B., Savage, G.P., Martin, R.J., Vanhanen, L. **1999**, Oxalates in oca (New Zealand yam) (*Oxalis tuberosa* Mol.), *J. Agric. Food Chem.*, *47*(12), 5019–5022, DOI: <https://doi.org/10.1021/jf990332r>
20. King, S.R., Gershoff, S.N. **1987**, Nutritional evaluation of three underexploited andean tubers: *Oxalis tuberosa* (Oxalidaceae), *Ullucus tuberosus* (Basellaceae), and *Tropaeolum tuberosum* (Tropaeolaceae), *Econ. Bot.*, *41*(4), 503–511, DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02908144>
21. Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., Cisneros-Zeballos, L. **2006**, Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), *J. Sci. Food Agric.*, *86*(10), 1481–1488, DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>.
22. Ore Areche, F., Aguirre Huayhua, L.L., Ticsihua Huaman, J. **2020**, Efecto del tiempo y temperatura en la deshidratación de oca (*Oxalis Tuberosa* Mol.) mediante lecho fluidizado para la obtención de harina, *Alfa Revista Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, *4*(12), 200–210, DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i12.84>
23. León Marroú, E.M., Villacorta González, M.Y., Pagador Flores, S.E. **2011**, Composición química de “oca” (*Oxalis tuberosa*), “arracacha” (*Arracacia xanthorrhiza*) y “tarwi” (*Lupinus mutabilis*). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios, *Rev. Venez. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, *2*(2), 239–252.
24. Dubois, M., Savage, G.P., Martin, R.J. **2007**, The effect of cooking on the composition and colour of New Zealand grown oca, *Food Chem.*, *104*(2), 768–773, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.022>
25. Sangketkit, C., Savage, G.P., Martin, R.J., Mason, S.L., Vanhanen, L. **1999**, *Food contains more than nutrients oxalates in oca: A negative feature?* Paper present at the Proceedings of the 2nd South-West Pacific Nutrition and Dietetic Conference, 44–50.
26. Savage, G.P., Mason, S.L., Vanhanen, L. **2008**, The effect of storage on the oxalate content of New Zealand grown oca, *Int. J. Food Sci. Technol.*, *43*(12), 2130–2133, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01807.x>
27. Jiménez, M.E., Sammán, N. **2014**, Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina, *Arch. Latinoam. Nutr.*, *64*(2), 131–138.
28. Rawat, S. **2015**, Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian J. Plant Sci. Res.* *2015*, *5*, 47–56.
29. Venero Peralta, E. **2013**, Determinación de parámetros tecnológicos para la elaboración de mermelada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) y Manzana (*Pyrus malus*), (Tesis de grado), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna Perú, recuperado de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1664>
30. Yenque Dedios, J., Lavado Soto, M., Santos de la Cruz, E. **2008**, Proceso de industrialización a nivel de planta piloto de la oca (*Oxalis Tuberosa*), *Ind. Data*, *11*(1), 9–13, DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v11i1.6042>
31. Sangketkit, C., Savage, G.P., Martin, R.J.; Searle, B.P., Mason, S.L. **2000**, Sensory evaluation of new lines of oca (*Oxalis tuberosa*) grown in New Zealand, *Food Qual. Prefer.* *11*(3), 189–199, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00050-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00050-6)
32. Mollinedo, P., Peñarrieta, J.M. **2014**, Anthocyanins, Antioxidant Capacity and Content of Flavonoids and Other Phenolic Compounds Oca (*Oxalis Tuberosum*) an Andean Tuber, *Austin J. Nutr. Metab.*, *1*(2), 4.
33. Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., Shahidi, F. **2005**, Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J. Agric. Food Chem.*, *53*, 7592–7599, DOI: <https://doi.org/10.1021/jf050579q>
34. Knowles, N.R., Driskill, E.P., Knowles, L.O. **2009**, Sweetening responses of potato tubers of different maturity to conventional and non-conventional storage temperature regimes, *Postharvest Biol. Technol.*, *52*(1), 49–61, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.08.015>



35. Tai, H.H., Lagüe, M., Thomson, S., Aourousseau, F., Neilson, J., Murphy, A., Bizimungu, B., Davidson, C., Deveaux, V., Bègue, Y., Wang, H.Y., Xiong, X., Jacobs, M.E. J. **2020**, Tuber transcriptome profiling of eight potato cultivars with different cold-induced sweetening responses to cold storage, *Plant Physiol. Biochem.*, 146, 163–176, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.001>
36. Bertoft, E. **2017**, Understanding starch structure: Recent progress, *Agronomy*, 7(3), 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy7030056>
37. Chen, X., Wang, L., Li, T., Yang, Q., Guo, W. **2019**, Sugar accumulation and growth of lettuce exposed to different lighting modes of red and blue LED light, *Sci. Rep.*, 9(1), 1–10, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43498-8>
38. Chen, X. L., Li, Y. L., Wang, L. C., Guo, W. Z. **2011**, Red and blue wavelengths affect the morphology, energy use efficiency and nutritional content of lettuce (*Lactuca sativa* L.), *Sci. Rep.*, 11(1), 1–12, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87911-7>
39. Li, Y., Xin, G., Wei, M., Shi, Q., Yang, F., Wang, X. **2017**, Carbohydrate accumulation and sucrose metabolism responses in tomato seedling leaves when subjected to different light qualities, *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, 225, 490–497, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.053>
40. Vieira Araujo, M.M., Braga Caneppele, M.A., Assis Bianchini, M. G. **2016**, Total alcoholic acidity and pH tests as quality parameters in stored soybean grains 1. *Pesqui. Agropecuária Trop.*, 46(2), 191–196.