

## PRODUCCIÓN DEL BERRO (*Nasturtium officinale*) EN CUATRO NIVELES DE ALTURA VERTICALES BAJO UN SISTEMA ACUAPÓNICO

### Watercress (*Nasturtium officinale*) production at four vertical height levels under aquaponic system

Iván Adeliz Arpazi Torrez<sup>1</sup>, Víctor Antonio Castañón Rivera<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la producción del berro (*Nasturtium officinale*) a cuatro alturas verticales bajo un sistema acuapónico en la localidad de Viacha. Se trata de una investigación descriptiva en el que se empleó la prueba no paramétrica de Friedman para la evaluación estadística ya que esta estudia la comparación de los cuatro niveles de altura en la producción de berro, las variables consideradas fueron la temperatura y humedad relativa, longitud del berro, diámetro de la rama, número de brotes, número de hojas, peso del berro y costos de producción. El nivel que mejor se comportó fue el nivel 4 con la longitud de la rama de berro fue 24.50 cm, diámetro de rama 3.36 mm, número de brotes 14, número de hojas 46, peso del berro 916 g. El sistema acuapónico permite asociar la producción de hortalizas y la producción de peces en un ambiente atemperado. Los resultados obtenidos, muestran que la acuaponía se puede constituir en una alternativa viable para la diversificación productiva de las unidades familiares del altiplano boliviano, siempre y cuando se resuelvan algunos aspectos fundamentales relacionados con la reducción de los costos de funcionamiento del sistema acuapónico. Por otra parte, en la región del altiplano los pobladores locales, tienen la idea de diversificar su producción, especialmente en comunidades donde cuentan con una pequeña fuente de agua, siempre tuvieron la iniciativa de dedicarse a la producción de peces.

**Palabras clave:** sistema cuapónico, *Nasturtium officinale*, rendimiento, variables agronómicas.

#### ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the production of watercress (*Nasturtium officinale*) at four vertical heights under an aquaponic system in the locality of Viacha. It is a descriptive research in which the non-parametric Friedman's test was used for the statistical evaluation since it studies the comparison of the four levels of height in the production of watercress, the variables considered were temperature and relative humidity, length of the watercress, diameter of the branch, number of shoots, number of leaves, weight of the watercress and production costs. The best behaved level was level 4 with the length of the watercress branch was 24.50 cm, branch diameter 3.36 mm, number of shoots 14, number of leaves 46, weight of watercress 916 g. The aquaponic system makes it possible to combine vegetable and fish production in a temperate environment. The results obtained show that aquaponics can be a viable alternative for the productive diversification of family units in the Bolivian Altiplano, as long as some fundamental aspects related to the reduction of the operating costs of the aquaponic system are resolved. On the other hand, in the Altiplano region, the local inhabitants have the idea of diversifying their production, especially in communities where they have a small water source, and have always had the initiative to dedicate themselves to fish production.

**Keywords:** wat quaponic system, *Nasturtium officinale*, yield, agronomic variables.

#### Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/xroc6998eb87j>

Recibido: 28/11/2023

Aceptado: 25/06/2024

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

<sup>2</sup> Docente, Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. [warauma2013@gmail.com](mailto:warauma2013@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La región del altiplano se caracteriza por presentar condiciones climáticas estrictas, especialmente en la época invernal, situación que limita la producción de hortalizas de hoja a campo abierto. Para la producción de este tipo de hortalizas, se utiliza ambientes atemperados, que funcionan muy bien y permiten la producción de hortalizas durante todo el año y a costos razonables.

La acuaponía es una técnica de cultivo que combina la producción de peces y hortalizas en un mismo sistema de producción, en el cual las plantas reciben la mayoría de los nutrientes necesarios para su crecimiento directamente del agua donde se cultivan los peces (Colagrosso, 2014), los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal (Somerville et al., 2022). Las plantas actúan como un filtro al absorber estas sustancias previamente tratadas por algunas bacterias benéficas.

Murtry et al. (1997), menciona que los desechos metabólicos de los peces disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así la tasa de recambio de agua diario, en un sistema de recirculación tradicional se trabaja con un recambio de agua del 5 al 10 % diario, esto para evitar la acumulación de desechos metabólicos, mientras que en un sistema acuapónico se trabaja con 1.5 % o menos de recambio de agua diario. El berro (*Nasturtium officinale*), es reconocida como una hortaliza de hoja y tallos tiernos que contiene alto valor nutricional, utilizada en la medicina tradicional y como alimento. En Bolivia los habitantes de diferentes poblaciones rurales lo cosechan de vertientes y riachuelos.

En el presente trabajo de investigación tiene el objetivo de evaluar la producción hidropónica de berro en un sistema acuapónico a fin de establecer el rendimiento del berro en cuatro niveles de alturas verticales. Los objetivos específicos fueron a) evaluar la producción del berro en materia verde a diferentes alturas, b) analizar el comportamiento agronómico del berro a diferentes alturas y c) evaluar el beneficio costo de los diferentes niveles de producción

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en el municipio de Viacha de la provincia Ingavi del departamento de La Paz (Bolivia). El municipio de Viacha está situado a los 16° 54' 44" de latitud sur y 68° 22' 72" de longitud oeste, a una altitud de 3 540 m s.n.m. (GAMV, 2016).

Viacha presenta una temperatura media anual de 8 °C, con heladas muy frecuentes a partir del mes de abril a agosto, tiene una precipitación pluvial de 500 a 700 mm por año siendo las más marcadas durante el verano, pero en las demás estaciones la sequedad es casi absoluta de mayo a agosto, la estación seca es interrumpida entre septiembre y noviembre por algunos periodos lluviosos de corta duración.

### Materiales

El material biológico utilizado fue 214 estacas de berro y 100 alevinos de Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), entre los materiales campo se encuentran 12 tubos PVC de cuatro pulgadas, 40 m de biofiltros, 1 termómetro, 1 bomba de agua 1 HP, 1 termómetro para humedad relativa.

## **Metodología**

### *Acondicionamiento del ambiente acuapónico*

La infraestructura del módulo fue una carpa solar con techo de doble agua de 6 m de ancho por 9.5 m de largo. El interior del ambiente se limpió y se desinfectó con agua y cloro al 1 %.

### *Preparación e instalación de tubos y filtro de agua*

Se utilizó 12 tubos de PVC de cuatro pulgadas, perforados cada 20 cm y desinfectados con cloro al 1 %. Los tubos se colocaron a las diferentes alturas sujetos con alambre de amarre. Seguido, se puso una capa de fibra sintética de 5 cm de ancho en el interior de los tubos para ayudar al enraizamiento de las estacas del berro. Al final del recorrido de los tubos se instaló un filtro casero de agua fabricado con un recipiente plástico de 20 litros, 1 capa de grava, arena fina, piedras de pequeño y mediano tamaño y carbón activado. En la parte baja del recipiente se insertó un tubo para la salida del agua filtrada.

### *Instalación de la bomba para la recirculación del agua*

Para la recirculación del agua en el sistema, se instaló una bomba de agua de 1 HP de potencia, para elevar el agua desde el estanque de peces hasta la parte más alta de los tubos, para que por gravedad el agua circule por todos los tubos nutriendo a las plantas y al mismo tiempo atrapando oxígeno para los peces.

### *Obtención de las estacas del berro*

Las estacas de berro se recolectaron de la localidad de Huarina que está situado al oeste de la ciudad de La Paz a 70 km de distancia.

### *Compra de peces*

Los alevinos de Truchas Arco Iris se compraron de la localidad de Pongo ubicada a 45 km de la ciudad de La Paz, el transporte se realizó en bolsas de plástico con agua y oxígeno hasta el lugar del estudio.

### *Trasplante de las estacas del berro*

Se cortó la parte inferior de un vaso plástico de 150 cc y se envolvió las estacas con esponja delgada antes de colocarlos en los tubos. Se puso dos a tres estacas por cada vaso plástico, se dispuso las estacas de tal manera que tenga un leve contacto con el agua dentro de los tubos PVC, se colocó en cada tubo 18 plantas y en cada nivel 54 plantas.

### *Cosecha*

La cosecha se realizó cuando las plantas median de 13 a 15 cm de altura y se utilizó tijeras de jardinería para el corte de las ramas. Se evitó cosechar más de un tercio de la planta para permitir que tenga suficiente follaje para seguir creciendo. La cosecha fue cada 10 días.

### *Comercialización*

El berro por lo general se comercializa inmediatamente después de la cosecha para mantener el grado de frescura. Para la comercialización, el berro se puso en bandejas plásticas cubiertas con film de plástico con un peso de 50 g por bandeja.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con un nivel de significación de 5 %, mediante la prueba no paramétrica de Friedman (Quispe et al., 2019), Ecuación 1:

$$Fr = \frac{12}{nk(k+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3n(k+1) \quad (1)$$

Dónde: n = total de repeticiones; k= total de niveles;  $R_k^2$ =sumatoria de rangos por cada nivel al cuadrado.

### Área experimental

El área total del invernadero fue de 57 m<sup>2</sup>, las unidades de tubos verticales por nivel de 36 ml, área del estanque de los peces de 7.5 m<sup>2</sup>, área total cubierta y utilizada de 57 m<sup>2</sup>, distancia entre plantas de 0.20 m, plantas por nivel de 54 y total de plantas de los 4 niveles de 216. El detalle del área experimental se muestra en la Figura 1.

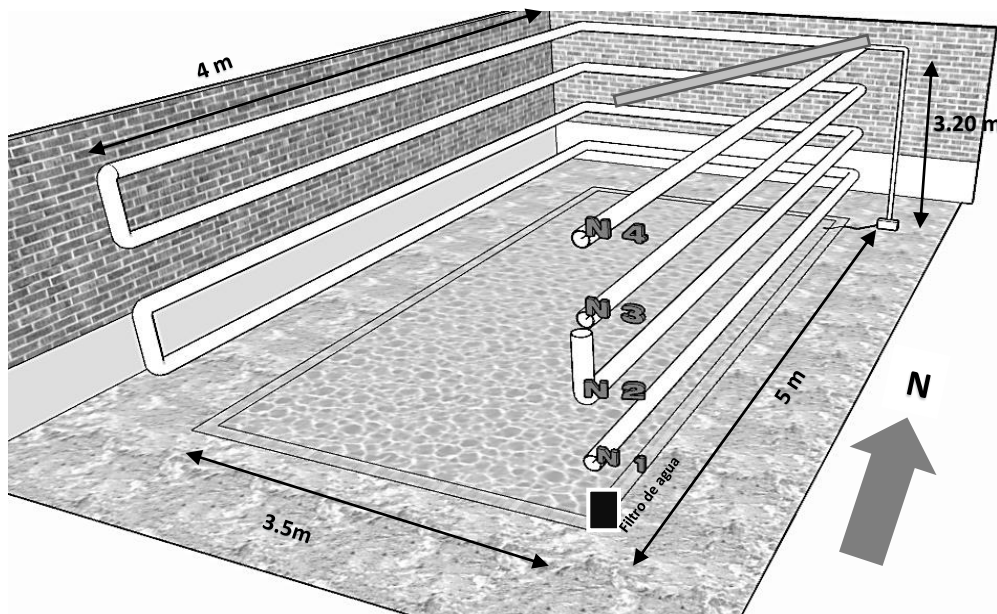


Figura 1. Área experimental. N 1 = altura desde suelo al primer tubo (80.6 cm); N 2 = altura desde suelo al segundo tubo (120.33 cm); N 3 = altura desde suelo al tercer tubo (163 cm); N 4 = altura desde suelo al cuarto tubo (205.35 cm).

### Variables de respuesta

- Temperatura y humedad relativa: durante la investigación se realizó el seguimiento de las temperaturas máximas, mínimas y medias del ambiente acuapónico. También se efectuó el seguimiento de la humedad relativa media del ambiente.
- Longitud del tallo de berro: se tomaron al azar 15 plantas en cada nivel, de las cuales se midió la longitud desde la parte basal hasta el ápice de la rama, este dato se registró en cada cosecha de los cuatro niveles de altura.
- Diámetro de la rama: fue al momento de la cosecha con un vernier manual.
- Número de brotes: se determinó mediante el conteo de las ramas en cada nivel de cosecha.
- Número de hojas: fue por conteo manual de las hojas por planta. Este dato se registró en todas las cosechas de los cuatro niveles.

- f) Peso del berro: la cosecha se realizó cada 10 días registrándose el peso fresco total por planta para ello se utilizó una balanza digital.
- g) Rendimiento total: se pesó toda la cosecha de cada nivel, considerando el total de las plantas y los metros lineales por unidad experimental.
- h) Análisis económico: se realizó el cálculo de a) costos de producción, mediante la identificación de los insumos que varían en cada tratamiento del ensayo, basados en precios de mercado, b) beneficio bruto, resultado de la multiplicación del precio por el rendimiento obtenido de cada tratamiento, c) Beneficio/Costo, obtenido dividiendo el beneficio bruto con el total de los costos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura y humedad relativa del ambiente acuapónico

La Figura 2 muestra las fluctuaciones de las temperaturas máximas y media registradas en el ambiente acuapónico durante la duración del trabajo de investigación. Maroto (1995), señala que el berro debe estar de 10 a 11 °C, Colodro (2013), indica que el berro no debe pasar de los 37 °C para tener un producto de buena calidad. Las temperaturas máximas y mínimas registradas dentro del ambiente no sobrepasaron los rangos de temperatura para este cultivo, razón por la cual el crecimiento no se vio afectado considerando que el trabajo se realizó en la época de invierno. La humedad relativa fue de 57 % para junio, 60 % para julio y 50 % para el mes de agosto.

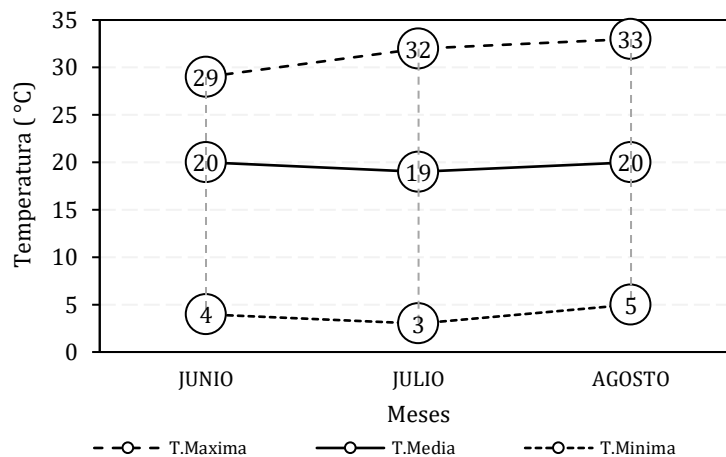


Figura 2. Temperaturas promedio registradas durante la investigación

### Comportamiento agronómico del berro

#### Longitud del tallo de berro

Siendo el valor  $p < 0.0216$  para la variable de longitud de berro en los cuatro niveles existe una diferencia estadística significativa. Resultado de la prueba Friedman (Tabla 1), el nivel 4 es el que más se ha diferenciado por lo cual se encuentra en el rango A, que presenta un promedio de 24.50 cm al igual que el nivel 3 que presenta 23.29 cm, a diferencia del nivel 1 que se encuentra en el rango A y B con 21.54 cm que también es igual a nivel 2 con 21.05 cm. Colodro (2013), indica que obtuvo una longitud de tallo en la variedad de berro de jardín de 14.88 cm. Siñani (2017), evaluó dos variedades de berros en cultivo sin suelo obteniendo la variedad *L. satidium* con 24.49 cm, valores similares a los registrados en el presente trabajo de investigación y superiores a los registrados por Colodro (2013).

Tabla 1. Comparación de rangos múltiples para la longitud del tallo de berro.

Niveles	Promedio de longitud (cm)	Suma de rangos	Desviación estándar	Diferencia
Nivel 4	24.50	47	3.13	A
Nivel 3	23.29	40	2.67	A
Nivel 1	21.54	37	2.47	A B
Nivel 2	21.05	26	1.73	B

Suma de rangos de 75 plantas por nivel, mediante la prueba Friedman ( $\alpha= 0.05 \%$ ).

### Diámetro de rama

En la prueba no paramétrica el valor  $p < 0.0001$ ; respecto al diámetro de la rama del berro, existe una diferencia altamente significativa en los cuatro niveles donde se obtuvo cuatro rangos, los resultados muestran que nivel 4 es el que obtuvo un promedio mayor de 3.36 mm de diámetro y se ubica en el rango A, el siguiente rango B presenta un promedio en el nivel 3 con 3.13 mm de diámetro, nivel 2 y nivel 1 se encuentran en el rango C y D con un promedio de 2.98 mm y 2.88 mm de diámetro (Tabla 2).

Siñani (2017), evaluó dos variedades de berro en cultivo sin suelo obteniendo los datos de la variedad *Nasturtium Officinale* con 5.06 mm de diámetro de rama, valor superior al obtenido en el presente trabajo, debido fundamentalmente al uso de soluciones nutritivas como el nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de amonio y sulfato de magnesio.

Tabla 2. Comparación de rangos múltiples para el diámetro de la rama.

Niveles	Promedio de diámetro de rama (mm)	Suma de rangos	Desviación estándar	Diferencia
Nivel 4	3.36	56.5	3.77	A
Nivel 3	3.13	41.5	2.77	B
Nivel 2	2.98	29.5	1.97	C D
Nivel 1	2.88	22.5	1.50	D

Suma de rangos de 75 plantas por nivel, mediante la prueba Friedman ( $\alpha= 0.05 \%$ ).

### Número de brotes

El análisis estadístico tiene alta significancia entre los cuatro niveles ya que  $p < 0.0001$  donde indica que es menor a 0.05. La prueba estadística de Friedman (Tabla 3), respecto al número de brotes del berro, tiene diferencia altamente significativa en los cuatro niveles, los resultados muestran que nivel 4 es el que obtuvo un promedio mayor con 14 brotes que se ubica en el rango A, así mismo, se encuentra el nivel 3 con un promedio de 13 brotes, los siguientes niveles 2 y 1 se encuentran en el rango B y C que son inferiores con un promedio de 10 y 9 brotes. Rosero (2015), indica que en su trabajo de investigación el número de brotes obtenido fue de seis, número inferior al registrado en el presente trabajo de investigación.

Tabla 3. Comparación de rangos múltiples para número de brotes.

Niveles	Promedio de número de brotes	Suma de rangos	Desviación estándar	Diferencia
Nivel 4	14	53.0	4	A
Nivel 3	13	46.5	3	A
Nivel 2	10	28.5	2	B C
Nivel 1	9	22.0	1	C

Suma de rangos de 75 plantas por nivel, mediante la prueba Friedman ( $\alpha= 0.05 \%$ ).

### Número de hojas

Siendo el valor  $p < 0.0001$  existe diferencia estadística altamente significativa. El análisis estadístico no paramétrico (Tabla 4) indica que nivel 4 es el que obtuvo un promedio mayor de 46 hojas, así mismo, el nivel 3 tuvo promedio de 42 hojas que se ubican en el rango A, los siguientes niveles 2 y 1 se encuentran en el rango B y

C con un promedio de 35 y 32 hojas los cuales obtuvieron bajo promedio. Colodro (2013), en la evaluación de rendimiento de dos variedades de berro en relación a la densidad de siembra, registró que la variedad de berro de agua presenta los menores resultados con 16 hojas en la segunda cosecha, resultado inferior al registrado en el presente trabajo de investigación.

Tabla 4. Comparación de rangos múltiples para el numero de hojas.

Niveles	Promedio de número de hojas	Suma de rangos	Desviación estándar	Diferencia
Nivel 4	46	50.5	3.37	A
Nivel 3	42	46.5	3.10	A
Nivel 2	35	27.0	1.80	B C
Nivel 1	32	26.0	1.73	C

Suma de rangos de 75 plantas por nivel, mediante la prueba Friedman ( $\alpha= 0.05$  %).

### Peso del berro por planta

En el análisis estadístico no paramétrico el valor  $p<0.0001$ , indica que existe diferencia altamente significativa en los cuatro niveles, los resultados muestran que el nivel 4 es el que obtuvo un promedio mayor de 916.00 g que está ubicado en el rango A, seguido del nivel 3 con un promedio de 750.00 g que está ubicado en el rango B, el nivel 2 se encuentran en el rango C con un promedio de 463.20 g, finalmente el nivel 1 con un promedio de 423.40 g que es el más bajo rendimiento y está ubicado en el rango D. Mediavilla (2020), obtuvo 915.78 g en 42 días en la producción en un sistema hidropónico en la fase de madures del berro, mientras que Colodro (2013), en el rendimiento de la variedad de berro de agua obtuvo un promedio de 270 g en la segunda cosecha.

Tabla 5. Comparación de rangos múltiples para el peso del berro por planta.

Niveles	Peso promedio (g)	Suma de rangos	Desviación estándar	Diferencia
Nivel 4	916.00	61.00	3.81	A
Nivel 3	750.00	48.50	3.03	B
Nivel 2	463.20	29.50	1.84	C
Nivel 1	423.40	21.00	1.31	D

Suma de rangos de 75 plantas por nivel, mediante la prueba Friedman ( $\alpha= 0.05$  %).

### Rendimiento del berro

El rendimiento del berro por niveles y cosecha se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6. Rendimiento del berro en las tres cosechas de los cuatro niveles.

Cosecha	Niveles	Rendimiento (g)	Rendimiento (kg)
Primera	nivel 1	712	0.71
	nivel 2	736	0.74
	nivel 3	924	0.92
	nivel 4	1 120	1.12
Segunda	nivel 1	1 270	1.27
	nivel 2	1 390	1.39
	nivel 3	2 250	2.25
	nivel 4	2 750	2.75
Tercera	nivel 1	1 000	1.00
	nivel 2	810	0.81
	nivel 3	1 200	1.20
	nivel 4	1 270	1.27

El rendimiento ajustado a metro lineal se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Cálculo del rendimiento ajustado para las cosechas de los cuatro niveles.

Cosecha	Niveles	Rendimiento (g/ml)	Rendimiento (kg/ml)	Ajuste (10 %)	Rendimiento (kg/ml)
Primera	nivel 1	712	0.712	0.071	0.641
	nivel 2	736	0.736	0.074	0.662
	nivel 3	924	0.924	0.092	0.832
	nivel 4	1 120	1.120	0.112	1.008
Segunda	nivel 1	1 270	1.270	0.127	1.143
	nivel 2	1 390	1.390	0.139	1.251
	nivel 3	2 250	2.250	0.225	2.025
	nivel 4	2 750	2.750	0.275	2.475
Tercera	nivel 1	1 000	1.000	0.100	0.900
	nivel 2	810	0.810	0.081	0.729
	nivel 3	1 200	1.200	0.120	1.080
	nivel 4	1 270	1.270	0.127	1.143

### Análisis económico

El ingreso bruto por las tres cosechas de los cuatro niveles fue de 354.74 USD (Tabla 8).

Tabla 8. Ingreso bruto para las tres cosechas de los cuatro niveles.

Cosechas	Niveles	Rendimiento (g/ml)	Peso (g)	Precio (USD/g)	Ingreso bruto (USD)
Primera	nivel 1	0.17	712	0.023	16.37
	nivel 2	0.74	736	0.023	16.92
	nivel 3	0.92	924	0.023	21.24
	nivel 4	1.12	1 120	0.023	25.74
Segunda	nivel 1	1.27	1 270	0.023	29.19
	nivel 2	1.39	1 390	0.023	31.95
	nivel 3	2.25	2 250	0.023	51.72
	nivel 4	2.75	2 750	0.023	63.22
Tercera	nivel 1	1.00	1 000	0.023	22.99
	nivel 2	0.81	810	0.023	18.62
	nivel 3	1.20	1 200	0.023	27.59
	nivel 4	1.27	1 270	0.023	29.19
Total			15 432	0.276	354.74

1USD = 6.96 Bs.

Para que exista ganancia la relación beneficio/costo debe ser superior a 1, si es igual a 1 no se gana ni se pierde, pero si es menor existe pérdidas. Como se observa en la Tabla 9, en la primera y parte de la segunda cosecha se tiene valores menores a la unidad, desde el nivel 4 de la segunda cosecha hasta la tercera cosecha se obtiene ganancias, con valores de B/C de 1.28 lo que significa que al invertir 1 USD se recupera la inversión y se gana 0.28 USD y el nivel cuatro tiene una relación B/C de 1.56 USD con una ganancia de 0.56 USD.



Tabla 9. Relación beneficio costo de los cuatro niveles en las tres cosechas.

Cosechas	Niveles	IB (USD/ml)	C/P (USD/ml)	B/C(USD/ml)
Primera	nivel 1	16.37	40.40	0.41
	nivel 2	16.92	40.40	0.42
	nivel 3	21.24	40.40	0.53
	nivel 4	25.75	40.40	0.64
Segunda	nivel 1	29.19	40.40	0.72
	nivel 2	31.95	40.40	0.79
	nivel 3	51.72	40.40	1.28
	nivel 4	63.22	40.40	1.56
Tercera	nivel 1	22.99	40.40	0.57
	nivel 2	18.62	40.40	0.46
	nivel 3	27.59	40.40	0.68
	nivel 4	29.19	40.40	0.72

## CONCLUSIONES

El rendimiento en materia verde del nivel 4 fue el mayor con 2.75 kg, seguido del nivel 3 con 2.25 kg. En el comportamiento agronómico del cultivo de berro en las variables longitud, diámetro de la rama, número de brotes, número de hojas y peso, el mejor desempeño fue del nivel 4 seguido el nivel 3. El mayor beneficio costo obtenido fue de 1.56 Bs en el T4 solo en la segunda cosecha, valor que puede ser referencial para obtener rentabilidad en la producción de berro en un sistema acuapónico.

El sistema acuapónico permite asociar la producción de hortalizas y la producción de peces en un ambiente atemperado. Los resultados obtenidos, muestran que la acuaponía se puede constituir en una alternativa viable para la diversificación productiva de las unidades familiares del altiplano boliviano, siempre y cuando se resuelvan algunos aspectos fundamentales relacionados con la reducción de los costos de funcionamiento del sistema acuapónico. Por otra parte, en la región del altiplano los pobladores locales, tienen la idea de diversificar su producción, especialmente en comunidades donde cuentan con una pequeña fuente de agua, siempre tuvieron la iniciativa de dedicarse a la producción de peces.

## BIBLIOGRAFÍA

- Colagrosso. (2014). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónico a escala.
- Colodro, V. (2013). Rendimiento de dos variedades de berro (*Nasturtium officinale*) en relación a la densidad de siembra en ambiente protegido. Universidad Mayor de San Andrés.
- GAMV. (2016). Plan de Desarrollo Municipal de Viacha. Viacha, Primera Sección Provincia Ingavi, La Paz.
- Maroto, J. (1995). Horticultura Herbácea Especial. (4 edición). Madrid, España: Mundi Prensa.
- Mediavilla, G. (2020). Evaluación del estado de madurez temperatura de almacenamiento y tipo de envase sobre las propiedades funcionales del berro (*Nasturtium officinale*). Universidad Técnica del Norte.
- Murtry, M., Sanders, D., Cure, J., Hodson, R., & Haning, B. (1997). Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. World Aquaculture.
- Quispe, A., Calla, M., Yangali, J., Rodríguez, J., & Pumacayo, I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL. Colombia: EIDEC.
- Rosero, N. (2015). Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro (*Nasturtium officinale* L.), en el canton Otavalo provincia de Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Siñani, L. (2017). Evaluación agronómica de dos variedades de berro (*Nasturtium officinale* R.Br. Y *Lepidium sativum*) en cultivo sin suelo en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/15324>
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala-Cultivo integral de peces y plantas FAO. Roma. <https://doi.org/10.4060/i4021es>