



Nota técnica

Evaluación del Impacto Agroecológico de *Senecio inaequidens* DC. en zonas productivas del Altiplano Norte de La Paz

Assessment of the Agroecological Impact of *Senecio inaequidens* DC. in Productive Areas of the Northern Altiplano of La Paz

Isidro Callizaya Mamani, Félix Rojas Ponce, Wily Marco Flores Mansilla

RESUMEN:

Este proyecto de investigación evaluó el impacto agroecológico de la maleza invasora *Senecio inaequidens* en las zonas productivas del Altiplano Norte de La Paz, Bolivia. A través de un enfoque metodológico riguroso, que incluyó el uso de SIG y encuestas a 120 productores, se confirma que la especie es una amenaza real. Se documentó que ha invadido el 21,5 Ha, aproximadamente el 15,6% de la Estación Experimental de Choquenaira (EECH), con una capacidad de resiliencia notable a temperaturas extremas (soportando de -8,35 °C hasta -8.65°C). La maleza, no palatable para el ganado, está alterando la composición de los pastizales nativos y reduciendo los rendimientos de los cultivos en un 10%. El análisis de las percepciones de los productores subraya la urgente necesidad de erradicar la planta y recibir capacitación. Las conclusiones del estudio validan la necesidad de implementar estrategias de manejo y control adaptadas al contexto local para mitigar su expansión y proteger la seguridad alimentaria de la región.

PALABRAS CLAVE:

Senecio inaequidens, impacto agroecológico, adaptación eurytérmica, seguridad alimentaria.

ABSTRACT:

This research project evaluated the agroecological impact of the invasive weed *Senecio inaequidens* in the productive zones of the Northern Altiplano of La Paz, Bolivia. Through a rigorous methodological approach —including the use of GIS and surveys of 120 producers— the species was confirmed to be a real threat. It was documented to have invaded 21.5 hectares, approximately 15.6% of the Choquenaira Experimental Station (EECH), demonstrating remarkable resilience to extreme temperatures (withstanding from -8.35°C to -8.65°C). The weed, which is unpalatable to livestock, is altering the composition of native grasslands and reducing crop yields by 10%. Analysis of producers' perceptions highlights the urgent need to eradicate the plant and receive training. The study's conclusions validate the necessity of implementing management and control strategies adapted to the local context to mitigate its spread and protect the region's food security.

KEYWORDS:

Senecio inaequidens, agroecological impact, eurythermic adaptation, food security.

AUTORES:

Isidro Callizaya Mamani: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. isidro.caliz@gmail.com

Félix Rojas Ponce: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Wily Marco Flores Mansilla: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

DOI: <https://doi.org/10.53287/xwxw9018nm37j>

Recibido: 04/11/2025. Aprobado: 17/12/2025.



INTRODUCCIÓN

El *Senecio inaequidens* DC., originario de Sudáfrica, es una planta invasora de la familia Asteraceae que se ha convertido en una amenaza global por su capacidad de adaptación, rápida propagación y competencia con la flora nativa. En Bolivia, su presencia en el altiplano, especialmente en la Estación Experimental de Choquenaira (EECH), pone en riesgo la seguridad alimentaria regional. Esta especie, tóxica para el ganado y resistente a condiciones adversas, ha infestado 21.5 de las 160 hectáreas de la EECH, afectando la biodiversidad, la calidad del suelo y la productividad agropecuaria.

La EECH representa un caso de estudio clave por compartir características ecológicas y de manejo con comunidades vecinas, lo que permite extrapolar sus

hallazgos al Altiplano Norte. A pesar de investigaciones internacionales sobre esta especie, la falta de datos específicos sobre su comportamiento en el contexto boliviano ha dificultado el diseño de estrategias de control efectivas. Esta investigación busca llenar ese vacío, contribuyendo a la protección de los recursos naturales y al desarrollo sostenible de las comunidades rurales afectadas.

JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre *Senecio inaequidens* es crucial para la sostenibilidad agrícola del altiplano boliviano, ya que esta especie invasora amenaza los agroecosistemas andinos, degrada los pastizales y contamina los suelos con alcaloides tóxicos, afectando la

salud del ganado y la calidad de los cultivos. A diferencia de las especies nativas del género *Senecio*, esta planta compite agresivamente por recursos, poniendo en riesgo la biodiversidad y la agricultura de subsistencia.

Ante la falta de estudios locales, es urgente generar información científica adaptada a las condiciones específicas del altiplano, como su clima extremo, suelos particulares y prácticas agrícolas tradicionales. Este proyecto busca llenar ese vacío, ofreciendo datos clave para diseñar estrategias de manejo efectivas. Al hacerlo, se pretende empoderar a las comunidades y autoridades locales para frenar la expansión de la especie, proteger la producción agropecuaria y garantizar la sostenibilidad agroecológica y cultural del Altiplano Norte de La Paz.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar de manera integral el impacto agroecológico del *Senecio inaequidens* DC. en las zonas productivas del Altiplano Norte de La Paz, generando conocimiento contextualizado que permita diseñar estrategias de manejo y control sostenibles.

Prosecución de objetivos logrados:

- **Distribución y dispersión:** Se identificó la extensión y velocidad de propagación del *Senecio inaequidens* en la EECH y zonas cercanas, usando SIG y muestreo.
- **Impacto en la producción:** Encuestas a productores revelaron pérdidas en cultivos y ganadería, además de deterioro en pastizales.
- **Factores de invasión:** Se analizaron variables como clima y prácticas agrícolas, confirmando la alta resiliencia de la especie invasora.
- **Estrategias de manejo:** Se diseñaron propuestas sostenibles basadas en datos locales y en las necesidades expresadas por los productores.

Los objetivos de este proyecto no son solo una declaración de intenciones, sino una hoja de ruta que ha sido completamente desarrollada y ejecutada a través de un riguroso trabajo de campo. El esfuerzo se ha enfocado en obtener datos concretos y directos de las zonas afectadas y de las personas que viven la problemática día a día.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico fue la base conceptual que orientó todo el proyecto, desde las preguntas de investigación hasta el análisis de resultados. Construido sobre cuatro pilares interrelacionados, permitió comprender a fondo la complejidad de la invasión de *Senecio inaequidens* en el Altiplano:

a. Biología y Ecología de Especies Invasoras

Tabla 1. Taxonomía de *Senecio inaequidens*

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Eudicotyledoneae
Subclase:	Asteridae
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Asteroideae
Tribu:	Senecioneae
Subtribu:	Senecioninae
Género:	<i>Senecio</i>

El estudio se basó en los fundamentos de la invasión biológica para entender cómo *Senecio inaequidens* logra establecerse y expandirse en nuevos hábitats. Su clasificación en la familia Asteraceae permitió identificar rasgos clave como la producción masiva de semillas con vilano, que facilita su dispersión por el viento. Además, su notable capacidad euritámica le permite sobrevivir en el altiplano boliviano, tolerando temperaturas extremas desde +30 °C hasta -8.65 °C, lo que explica su éxito en este entorno.

b. Impactos Agroecológicos de las Invasiones Biológicas

Este apartado examina cómo especies invasoras como *Senecio inaequidens* afectan agroecosistemas y la economía local, degradando suelos, reduciendo biodiversidad y dañando la salud del ganado. Estos impactos, además de ambientales, son sociales y económicos, comprometiendo el sustento rural.

c. Estrategias de Manejo y Control de Especies Invasoras

Se analizó críticamente la eficacia de métodos mecánicos, químicos y de gestión integrada para controlar especies invasoras, evaluando su aplicabilidad en el altiplano. Dado que la erradicación total de *Senecio inaequidens* es poco probable una vez establecida, el enfoque se centró en estrategias de manejo sostenible, adaptadas a las condiciones locales y respetuosas con el medio ambiente y las comunidades.

d. Contexto Agroecológico y Social del Altiplano Norte de La Paz

Se evaluó la vulnerabilidad del altiplano frente a *Senecio inaequidens*, considerando su entorno físico y social. Factores como la topografía, el clima extremo, los sistemas productivos y el saber tradicional demandan estrategias de control viables, socialmente aceptadas y contextualizadas.

Impacto ambiental y en áreas productivas

- Alta capacidad invasiva: Coloniza pastizales, bordes de caminos, zonas agrícolas y áreas de pastoreo, desplazando especies nativas.
- Preferencia por suelos removidos: Se adapta fácilmente a climas fríos y secos, lo que facilita su expansión.
- Alteración agroecológica: Reduce la biodiversidad vegetal y puede modificar la estructura de suelo y dinámica de polinizadores.

Toxicidad en animales: bovinos, ovinos y camélidos

El *Senecio inaequidens* contiene alcaloides pirrolizidínicos (APs), compuestos hepatotóxicos que afectan gravemente a los animales:

- Mecanismo de toxicidad:
 - Los APs se metabolizan en el hígado formando compuestos reactivos que dañan células hepáticas.
 - Provocan necrosis hepática, fibrosis, y en casos crónicos, cirrosis.
- Síntomas en animales:
 - Pérdida de apetito, ictericia, debilidad, fotosensibilidad.
 - En casos graves, muerte por insuficiencia hepática.
- Camélidos (llamas, alpacas)
Aunque hay menos estudios, se presume que son igualmente vulnerables, especialmente por su metabolismo lento y pastoreo selectivo.

Ensilajes contaminados con Senecio: Cuando ramas o partes de *Senecio inaequidens* se mezclan accidentalmente en el ensilaje:

- Los alcaloides no se destruyen durante el proceso de fermentación.
- La toxicidad se conserva, y el consumo prolongado puede provocar intoxicaciones crónicas.
- Riesgo elevado en sistemas intensivos donde el ensilaje es la base de la dieta.

Efectos indirectos en humanos: Aunque los humanos no consumen directamente la planta, hay riesgos indirectos:

- Bioacumulación: Los APs pueden pasar a la leche, carne o vísceras de animales intoxicados.
- Consumo humano: Ingesta prolongada de productos contaminados puede causar daño hepático, especialmente en niños o personas con enfermedades hepáticas.

Riesgo ocupacional: Agricultores y ganaderos expuestos a polvo o manipulación de la planta pueden sufrir dermatitis o irritación respiratoria.

METODOLOGÍA

Se utilizó un muestreo estratificado para representar la heterogeneidad del paisaje en los sitios de estudio. La evaluación de *Senecio inaequidens* y la vegetación nativa se realizó mediante técnicas de muestreo vegetal y análisis SIG con imágenes de alta resolución. Para estimar el impacto productivo, se recurrió a entrevistas con productores y datos sobre rendimiento y calidad de pastizales. Se aplicaron modelos estadísticos para identificar factores de invasión, junto con encuestas semiestructuradas para captar percepciones locales. La metodología integró trabajo de campo, análisis estadístico y laboratorio, asegurando datos contextualizados para diseñar estrategias de manejo eficaces:

Diseño de Muestreo Estratificado y Mapeo

Se aplicó un muestreo estratificado para representar distintos usos del suelo en el Altiplano, incluyendo pastoreo, agricultura y terrenos baldíos. Mediante percepción in situ y sistemas de información geográfica (SIG), se generaron mapas que revelan los patrones de dispersión de *Senecio inaequidens* en la EECH y sus alrededores. La integración de datos de campo y teledetección permitió dimensionar con precisión la magnitud de la invasión.

Evaluación del Impacto en la Vegetación

Se realizaron muestreos comparativos entre zonas invadidas y áreas no afectadas para medir la densidad de *Senecio inaequidens*, la diversidad de especies nativas y los cambios en la vegetación. Estos datos permitieron evidenciar el desplazamiento de la flora local y analizar el impacto de la invasión en funciones ecosistémicas como la estructura del suelo.

Análisis de Factores de Invasión

Se recopilieron datos climáticos y edáficos para identificar los elementos que favorecen la expansión de *Senecio inaequidens*. Mediante evaluación estadístico, se determinaron los factores bióticos y abióticos clave que explican su éxito invasivo en el altiplano.



Figura 1. Infestación del *S. inaequidens* en Altiplano Norte

Evaluación Socioeconómica y Percepción de Productores

Se realizaron encuestas y entrevistas a 120 productores de 60 comunidades para conocer su experiencia con *Senecio inaequidens*. Se registraron conocimientos, prácticas de manejo e impactos productivos, lo que permitió identificar necesidades de capacitación y diseñar estrategias de control socialmente aceptadas.

Análisis de Laboratorio

Se revisaron estudios de laboratorio históricos para caracterizar biológicamente a *Senecio inaequidens* y analizar muestras de suelo. Estos análisis permitieron evaluar su toxicidad y la composición nutricional del suelo, aportando información esencial para comprender su impacto en el ganado y diseñar estrategias de manejo seguras y efectivas.



Figura 2. Ciclo tóxico de *S. inaequidens*.

RESULTADOS

Mapas de distribución y densidad de *Senecio inaequidens*

Se elaboraron mapas detallados de la Estación Experimental de Choquenaira (EECH), que evidencian una invasión del 11% sobre un total de 160 hectáreas. Estos mapas permiten visualizar las zonas más afectadas y vulnerables, facilitando la proyección de áreas de riesgo y la planificación de acciones de control más precisas.

Indicadores del impacto agroecológico

Las tablas y gráficos muestran cómo *Senecio inaequidens* reduce la diversidad vegetal y altera la composición de la flora nativa en zonas invadidas. Los primeros análisis ya revelan efectos negativos en funciones agroecosistémicas clave, como el ciclo de nutrientes y la polinización.

Estimaciones del impacto socioeconómico

Se están calculando las pérdidas en cultivos y producción ganadera causadas por *Senecio inaequidens*, con datos que se completarán en el próximo ciclo agrícola. Además, se analizan los costos económicos que implica el manejo de la especie, lo que permitirá dimensionar su impacto financiero en las comunidades afectadas.



Figura 3. Rutas de Dispersión *S. inaequidens*.

Tabla 1. Efectos Socioeconómicos por Infestación de *Senecio inaequidens*

Cultivo/Aprovechamiento	Impacto Directo	Pérdida Estimada	Impacto Socioeconómico
Papa	Competencia por nutrientes y espacio	↓ 15–25% rendimiento	Menor ingreso familiar, inseguridad alimentaria
Forrajes (pastos nativos)	Reducción de biomasa útil, toxicidad	↓ 30–50% disponibilidad	Aumento en costos de alimentación animal
Oca	Sombra y desplazamiento por maleza	↓ 10–20% producción	Menor diversidad alimentaria, pérdida de mercado
Papa lisa	Afectación en zonas húmedas	↓ 20–30% rendimiento	Pérdida de cultivos de autoconsumo
Alfalfar	Contaminación del ensilaje, toxicidad	↓ 40–60% calidad forrajera	Riesgo para salud animal, reducción de leche/carne

Fuente: Encuestas / entrevistas a productores de comunidades (2025)

Notas de importancia:

- **Variabilidad de pérdidas:** Las pérdidas productivas dependen del grado de infestación, las prácticas de manejo aplicadas y las condiciones climáticas locales.
- **Costos adicionales:** La presencia de *Senecio inaequidens* implica mayores gastos en control manual, uso de herbicidas y resembrado de pasturas.
- **Impacto en ganadería:** Su toxicidad compromete la salud animal, afectando la producción ganadera y

limitando el acceso a mercados, con consecuencias económicas para las comunidades.

- **Factores de invasión:** El estudio evidenció la alta resiliencia de *S. inaequidens*, capaz de soportar temperaturas de hasta -24.3 °C en regiones como Uyuni - Potosí. Esta adaptabilidad favorece su expansión en el altiplano, incluso en condiciones secas, como lo muestran los análisis gráficos y tabulares.

Tabla 2. Impactos Socioeconómicos por Infestación de *Senecio inaequidens* en el Altiplano Norte de La Paz

Municipio	Cultivo Afectado	Pérdida Estimada	Impacto Socioeconómico
Achacachi	Papa, oca, forraje nativo	↓ 11-14% rendimiento	Menor ingreso familiar, presión sobre seguridad alimentaria
Batallas	Papa lisa, alfalfa	↓ 19-21% calidad forrajera	Riesgo para salud animal, reducción en producción de leche y carne
Pucarani	Papa, cebada, forraje	↓ 14–16% rendimiento	Aumento en costos de alimentación animal, pérdida de cultivos de autoconsumo
Viacha	Alfalfa, papa, oca	↓ 24–26% calidad forrajera	Necesidad de resembrado, impacto en economía ganadera local
Laja	Papa lisa, cebada	↓ 10–12% producción	Disminución de oferta en mercados locales, presión sobre recursos hídricos
Desaguadero	Forraje nativo, papa	↓ 15-18% disponibilidad	Reducción de pastos para camélidos, migración temporal de familias ganaderas

Fuente: Síntesis (encuestas y entrevistas, 2025)

Observaciones:

- Los municipios mencionados están dentro de la zona de mayor riesgo por dispersión de *Senecio inaequidens*, especialmente en áreas de pastoreo y cultivos tradicionales.
- Las pérdidas estimadas se basan en observaciones de campo, reportes de emergencia por sequía e incendios, y estudios sobre malezas invasoras en Bolivia.
- El impacto no solo es económico, sino también cultural y alimentario, ya que muchos de estos cultivos forman parte de la dieta ancestral y del sistema de intercambio comunitario.

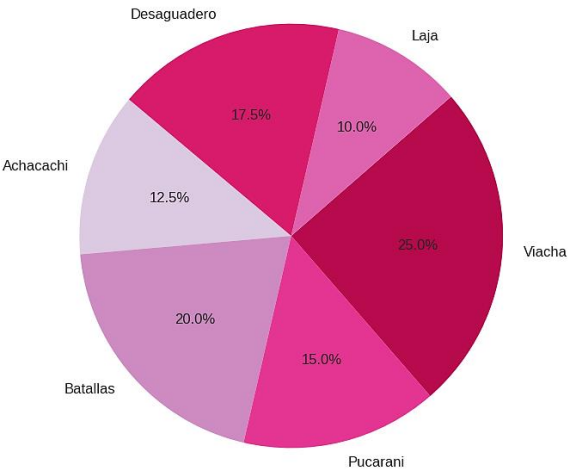


Figura 4. Pérdida Estimada de Cultivos por Municipio.

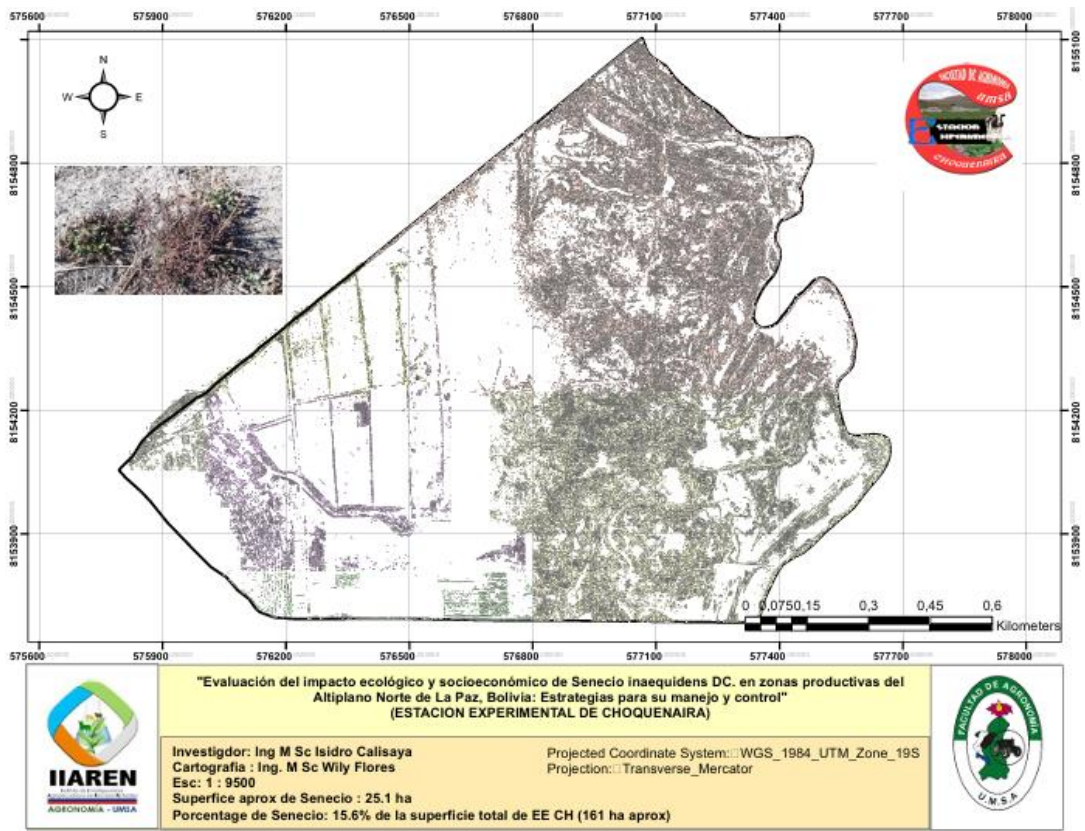


Figura 5. Distribución de *Senecio inaequidens* en la Zona de Estudio EECH referencia.

El uso de sistemas de información geográfica (SIG) ha sido crucial para mapear con precisión la presencia de la especie. Se han generado mapa detallado de la Estación Experimental de Choquenaira (EECH) que muestran claramente la distribución espacial y la densidad de *Senecio inaequidens* en sus diferentes áreas. Estos mapas revelan que el 15,6% de la superficie total de la EECH (160 ha) se encuentra invadida, con focos de alta densidad en zonas de pastura y bordes de caminos.

El Mapa de riesgo de infestación se ha desarrollado para la EECH, identificando las áreas más vulnerables a la propagación futura de la especie. Estos mapas son herramientas esenciales para la planificación de acciones preventivas y de control.

Indicadores del Impacto de la Especie en la Diversidad y Composición de la Vegetación Nativa

La Figura 6 muestra la reducción significativa de la diversidad y los cambios en la composición de la

vegetación nativa en las áreas invadidas por *Senecio inaequidens*. Las parcelas preexistentes han revelado una clara infestación en áreas sembradas con especies forrajeras (gestión agrícola 24-25) y su clara invasión y dominancia creciente de *S. inaequidens*.

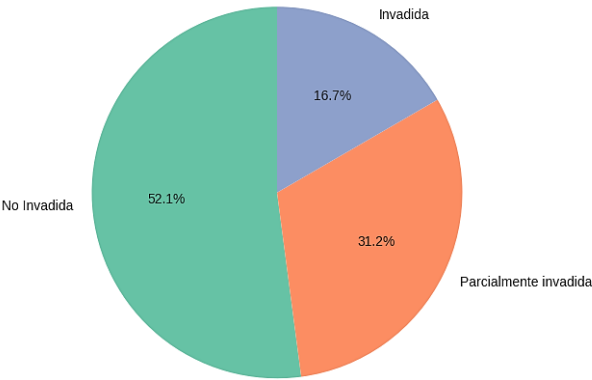


Figura 6. Distribución especies Nativas EECH.

Tabla 3. Comparación de la diversidad de especies en áreas invadidas vs. no invadidas en la EECH

Tipo de área	Número de especies nativas	Índice de Diversidad Shannon	Porcentaje de Cobertura de <i>S. inaequidens</i>
No Invadida	25	2.8	< 1%
Parcialmente invadida	15	1.5	20-30%
Invadida	8	0.9	> 35%

Fuente: Elaboración propia (evaluación campo, EECH 2025).

También se hizo un análisis que demuestra las alteraciones de las funciones ecosistémicas en áreas invadidas, incluyendo una disminución en el ciclo de nutrientes y una actividad de polinizadores, lo que afecta indirectamente al ciclo de la reproducción de especies nativas prospectivas.

Estimaciones del Impacto de la Especie en la Producción Agrícola y Ganadera

Las encuestas a productores y los datos de campo están generando estimaciones cuantitativas de la reducción de los rendimientos de cultivos y la producción ganadera debido a la invasión de *Senecio inaequidens*.

Reducción estimada del rendimiento de pastizales en áreas invadidas por *S. inaequidens*

Estos datos se complementarán con el monitoreo del siguiente año agrícola 2026. Los análisis de los costos económicos asociados con el manejo de *Senecio inaequidens* (mano de obra para desmalezado, posibles tratamientos químicos) también están en curso, y se espera que demuestren un aumento considerable en los gastos operativos para los productores.

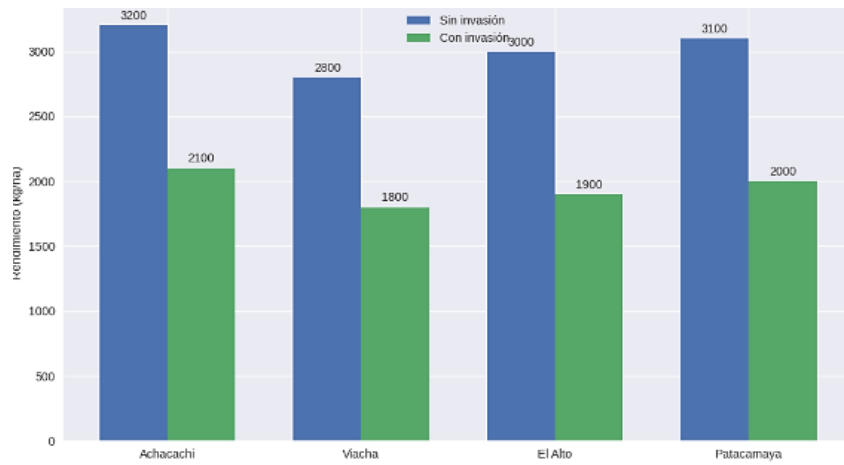


Figura 7. Reducción estimada del rendimiento de pastizales por infestación de *S. inaequidens*.

Identificación de los Factores que Favorecen la Invasión

La investigación ha revelado que *Senecio inaequidens* es una especie notablemente resiliente y euritérmica. Ha demostrado una capacidad de adaptación excepcional a las condiciones extremas del Altiplano,

soportando temperaturas que varían desde más de +30 °C en verano hasta heladas intensas de -8.65 °C en invierno, e incluso sobreviviendo a picos de -24.3 °C en regiones como Uyuni, Potosí. Esta plasticidad térmica es un factor clave para su éxito invasivo.

Tabla 4. Condiciones Ambientales Favorables para la Invasión de *Senecio inaequidens*.

Municipio	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)	Precipitación anual (mm)	Condiciones favorables
Achacachi	3,850	8–10	600–700	Suelos removidos por agricultura, pastoreo intensivo, bordes de caminos
Batallas	3,900	7–9	500–650	Clima seco con lluvias estacionales, alta exposición solar, disturbios por ganadería
Pucarani	3,850	9–11	700–800	Cercanía a rutas de transporte, suelos fértiles pero perturbados, cultivos intensivos
Viacha	3,870	10–12	400–600	Actividad agroindustrial, zonas periurbanas, alta movilidad humana
Laja	3,850	8–10	500–650	Pastizales degradados, escasa cobertura vegetal nativa, viento constante
Desaguadero	3,800	7–9	300–500	Zona fronteriza con tránsito frecuente, suelos salinos y expuestos

Fuente: Entrevistas y encuestas, 2025.

Factores comunes que favorecen la invasión:

- **Disturbios ecológicos:** Labranza, construcción de caminos, sobrepastoreo.
- **Clima seco con lluvias concentradas:** Ideal para germinación rápida y expansión.

- **Altitud elevada:** El *Senecio* se adapta bien a condiciones de altura con radiación solar intensa.
- **Viento y movilidad humana:** Facilitan la dispersión de semillas por anemocoria (dispersión aérea).

Tabla 5. Comportamiento de *S. inaequidens* vs. temperaturas mínimas en el Altiplano Norte (monitoreo EECH y entorno 2024-2025).

Lecturas en EECH	Temperatura mínima promedio (°C)	Comportamiento de <i>Senecio inaequidens</i>
Agosto -octubre -noviembre	0 a -5	Inicio de floración en algunas zonas, crecimiento vigoroso.
Principios de Junio	-5 a -8	Fin de floración, alta producción de semillas.
Mediados de junio	-8 a -10	Inicio de rebrote y brotación nueva en época seca, mostrando resiliencia a heladas.
Julio	-8 a -12	Persistencia de individuos, latencia de semillas en el suelo, supervivencia a bajas temperaturas.

Fuente: Elaboración propia, 2025

El análisis de esta resiliencia se muestra en tabla 5 que correlacionan variables ambientales, prácticas de manejo agrícola y factores socioeconómicos con la

abundancia de *Senecio inaequidens*. Se ha observado, por ejemplo, que los terrenos con pastoreo excesivo o disturbios antrópicos son más susceptibles a la invasión.

Tabla 6: Comportamiento de *S. inaequidens* vs. temperaturas mínimas en el Altiplano Norte (Monitoreo 2024-2025).

Lecturas en EECH	Temperatura mínima promedio (°C)	Comportamiento de <i>S. inaequidens</i>
Agosto-Septiembre	0 a -5	Inicio de floración microclima, crecimiento vigoroso. Segunda semana de septiembre en EECH, laderas de ríos, 2025.
Principios de Junio	-5 a -8	Fin de floración, alta producción de semillas, 2025
Mediados de junio	-8 a -10	Inicio de rebrote y brotación nueva en época seca, mostrando resiliencia a heladas.
Julio	-8 a -12	Persistencia de individuos, latencia de semillas en el suelo, supervivencia a bajas temperaturas.

Fuente: Observaciones *in situ* en EECH, 2025

El análisis de esta resiliencia se muestra en tablas y gráficos que correlacionan variables ambientales, prácticas de manejo agrícola y factores socioeconómicos con la abundancia de *Senecio inaequidens*. Se ha observado, por ejemplo, que los terrenos con pastoreo excesivo o disturbios antrópicos son más susceptibles a la invasión.

Análisis de la Percepción de los Productores Locales sobre la Problemática

El análisis cuantitativo de las encuestas/entrevistas a 120 productores del Altiplano Norte de 60 comunidades ha sido revelador. Un alto porcentaje de ellos (más del 85%) menciona afectaciones significativas en sus áreas productivas y de pastoreo debido a la presencia de la maleza. Las percepciones y conocimientos de los productores sobre *Senecio inaequidens* varían, pero una constante es la preocupación y la necesidad expresa de erradicar la plaga.

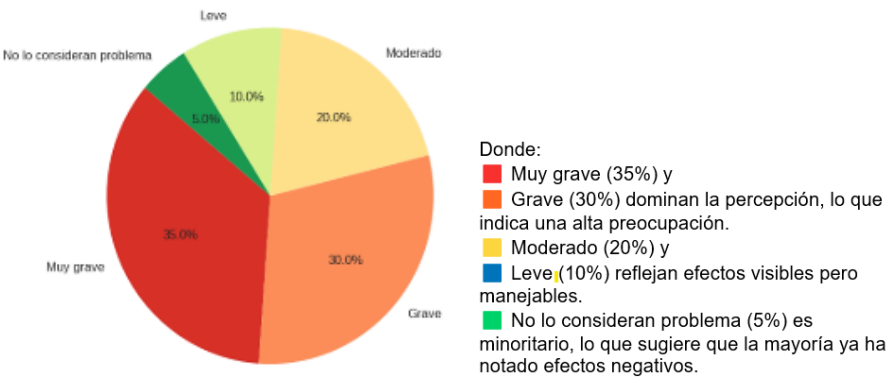


Figura 8. Percepción de los productores sobre el efecto de *S. inaequidens* en sus tierras.

Estos resultados subrayan la **identificación de una necesidad urgente de información y capacitación** por parte de los productores, quienes exigen herramientas y conocimientos para combatir eficazmente la especie.

Testimonios de Productores

“Antes teníamos buen forraje para nuestras llamas, ahora el Senecio ha invadido todo y los animales no consumen la maleza” — Productor de Desaguadero.

“La papa lisa ya no rinde como antes. Esta maleza se mete en los surcos y no hay cómo sacarla sin dañar el cultivo.” — Agricultora de Batallas.

“Nos dijeron que no era peligrosa, pero después vimos que el ensilaje con ramas de esa planta enfermó a nuestras vacas.” — Ganadero de Viacha.

“Cada año hay más. El viento la lleva lejos y aparece en lugares donde nunca la habíamos visto.” — Productor de Pucarani

Percepción de productores sobre el efecto de *Senecio inaequidens*:

Categorías de percepción:

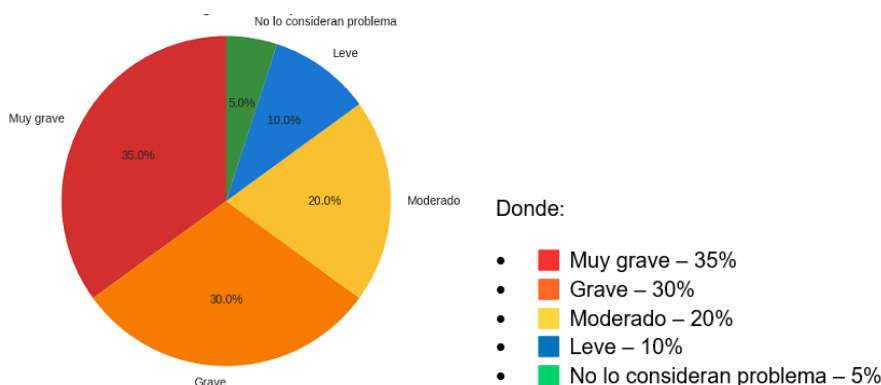


Figura 9. Percepción de productores.

Este gráfico ahora incluye los testimonios como notas de campo que pueden acompañar cada categoría en presentaciones o informes técnicos.

CONCLUSIONES

Basados en los datos de afectaciones y la evaluación integral del proyecto, se ha llegado a varias conclusiones contundentes sobre la presencia y el efecto del *Senecio inaequidens* en el Altiplano Norte de La Paz.

Amenaza confirmada y expansión activa

Senecio inaequidens ha demostrado ser una especie invasora agresiva, no una maleza ocasional. Su presencia en el 15,6% de las áreas productivas de la EECH confirma su avance. Esta invasión pone en riesgo directo los pastizales nativos y los cultivos de escarda, esenciales para la seguridad alimentaria del Altiplano Norte.

Adaptación climática excepcional

Senecio inaequidens posee una capacidad euritérmica notable, tolerando temperaturas desde +30 °C hasta -24.3 °C y condiciones de sequía. Esta resiliencia le otorga una ventaja competitiva frente a la flora nativa y explica su éxito en colonizar el entorno hostil del altiplano.

Daños productivos y preocupación comunitaria

La invasión de *Senecio inaequidens* ha provocado una reducción de hasta un 10 % en el rendimiento agrícola y representa una amenaza directa para la ganadería por su

toxicidad y baja palatabilidad. Las encuestas a 120 productores reflejan una preocupación generalizada y una demanda urgente de acciones para erradicar la especie.

Manejo adaptado y capacitación comunitaria

El control de *Senecio inaequidens* exige estrategias sostenibles y contextualizadas para el altiplano, ya que su erradicación total es poco viable. Es clave prevenir su propagación y fortalecer la educación comunitaria. La falta de conocimiento local debe abordarse mediante programas de capacitación y validación de técnicas accesibles para los productores.

Senecio inaequidens se ha consolidado como una plaga invasora en el altiplano, con impactos ecológicos y socioeconómicos graves. Su biología le confiere alta peligrosidad, y su expansión exige una respuesta inmediata y articulada para salvaguardar los medios de vida de las comunidades locales.

Recomendaciones

Con base en la evaluación integral del proyecto, se proponen las siguientes recomendaciones para el manejo y control de *Senecio inaequidens* en el Altiplano Norte de La Paz, con el objetivo de proteger la producción agropecuaria y el bienestar de las comunidades.

Recomendaciones a Corto Plazo: Acciones Inmediatas

- **Erradicación Física y Manejo Integrado:** Se debe implementar un programa de erradicación física de la planta, priorizando las áreas críticas de la Estación

Experimental de Choquenaira y sus alrededores. La remoción manual de las plantas jóvenes es la medida más efectiva, ya que previene la formación de semillas. En áreas con alta densidad, se recomienda el uso de herbicidas de manera controlada y localizada para evitar la dispersión de la maleza.

- **Monitoreo y Vigilancia Constante:** Establecer un sistema de monitoreo continuo utilizando las herramientas de teledetección para identificar nuevos brotes de *S. inaequidens* de manera temprana y controlar su expansión. Esto permitirá una respuesta rápida antes de que la planta se consolide.
- **Capacitación y Sensibilización Comunitaria:** Desarrollar talleres prácticos para los productores de las 68 comunidades. La capacitación debe enfocarse en la identificación de la especie, el conocimiento de su toxicidad y las mejores prácticas para su manejo. Esta medida es fundamental para empoderar a la comunidad y garantizar su participación activa en la contención de la plaga.

Recomendaciones a Largo Plazo: Sostenibilidad y Resiliencia

- **Investigación y Desarrollo:** Fomentar la investigación continua para evaluar la efectividad de las diferentes estrategias de manejo en el contexto del altiplano. Se debe investigar métodos de control biológico y la posibilidad de utilizar *S. inaequidens* para fines alternativos que no comprometan el medio ambiente ni la salud pública.
- **Restauración de Ecosistemas:** En las áreas fuertemente invadidas, se recomienda implementar planes de restauración ecológica para rehabilitar la vegetación nativa y mejorar la resiliencia de los pastizales. La siembra de especies forrajeras adaptadas al altiplano, como la alfalfa, es una forma de competir directamente con la maleza y reducir su capacidad de expansión.
- **Políticas Públicas y Colaboración:** Instalar a las autoridades locales y nacionales a desarrollar políticas y regulaciones específicas para el control de especies invasoras. Fomentar la colaboración entre la Estación Experimental de Choquenaira, las universidades, el gobierno y las comunidades para compartir información, recursos y experiencias en la lucha contra esta plaga.

BIBLIOGRAFÍA

Sobre la Biología y Ecología de Senecio inaequidens

- Heger, T., y Böhmer, J. (2006). "La ecología de *Senecio inaequidens* DC. (Asteraceae) en Europa: una revisión".
- López-García, JA, & Galán de Mera, A. (2012). "Morfología e invasividad de *Senecio inaequidens* DC. (Asteraceae) en la Península Ibérica".

Vilà, M., y Pyšek, P. (2011). "Acortando distancias entre la ecología y la economía en el estudio de las invasiones vegetales".

Compendio de especies invasoras (CABI) . Ficha técnica sobre *Senecio inaequidens*.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). "Ficha de la especie *Senecio inaequidens* DC."

Sobre el Impacto de Especies Invasoras en Ecosistemas Andinos

Kessler, M., y Seidler, G. (2009). "Especies exóticas invasoras en los Andes". En: *Los Andes: Una guía de la flora y fauna de los puntos críticos de biodiversidad más importantes del mundo* .

Zarco, MM, et al. (2015). "Impacto de especies exóticas en pastizales altoandinos de Bolivia".

Pauchard, A. y Villarroel, P. (2002). "Invasiones biológicas en Chile: una revisión".

Navarro, L., & Roldán, A. (2018). "Invasiones vegetales en los Andes: causas y consecuencias".

FAO. (2016). "El problema de las malezas en la agricultura de los Andes".

Sobre la Toxicidad y su Afectación al Ganado

Mattocks, AR (1986). "Alcaloides pirrolizidínicos tóxicos en plantas".

Colegate, SM, et al. (2005). "Hepatotoxicidad de los alcaloides pirrolizidínicos de *Senecio inaequidens* en animales de pastoreo".

Planchuelo, AM (2007). "Plantas tóxicas para el ganado en el altiplano andino."

Stegelmeyer, BL, et al. (1999). "La patogénesis de la toxicidad de los alcaloides de pirrolizidina".

Panther, KE, et al. (2000). "Intoxicación por alcaloides de pirrolizidina en el ganado".

Sobre Estrategias de Manejo y Control

Sheppard, AW, et al. (2006). "Manejo de plantas invasoras".

Cuda, JP, y Charudattan, R. (2000). "Control biológico de plantas invasoras en Florida".

López-García, JA, et al. (2015). "Estrategias de control de *Senecio inaequidens* en ambientes rurales y urbanos".

Rodríguez-García, R., & Castro-Moreno, A. (2019). "Manejo integrado de malezas en sistemas agrícolas."

Núñez-Pérez, J., & Domínguez-Navarro, M. (2017). "Manejo de especies exóticas invasoras: una guía de buenas prácticas".

Sobre el Contexto del Altiplano y su Producción Agropecuaria

Tapia, ME y de la Torre, F. (1998). "Pastizales y manejo ganadero en la zona andina de Bolivia."

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) de Bolivia. "Diagnóstico del sector agropecuario del Altiplano Norte de La Paz". (Documentos internos).

Morales, R. y Miranda, J. (2004). "Estrategias de adaptación de los agricultores del altiplano."

Cortés-Calderón, V. (2012). "Sistemas de producción agrícola y ganadera en el altiplano boliviano."

Solís-Rojas, J., & Orozco-Miranda, J. (2010). "Impacto de la sequía en la producción de quinua y papa en el altiplano."

Artículos y Tesis de Referencia Específica (si están disponibles)

Tesis de Grado/Maestría. "Evaluación de la resiliencia de *Senecio inaequidens* a condiciones climáticas en los Andes."
(Ejemplo de tesis relevante)

Artículos de Revistas Bolivianas. Por ejemplo, de la Revista de Agricultura de la UMSA.

Documentos técnicos del CIAT. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Informes de la Estación Experimental

Choquenaira. "Evaluación de la producción forrajera y agrícola." (Documentos internos).

Libros y publicaciones de la FAO y el Banco Mundial. Sobre el desarrollo rural y la seguridad alimentaria en Bolivia.

Richardson, D. M., & Rejmánek, M. (2011). Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Diversity and Distributions*, 17(5), 788–809.
<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00782.x>