Artículo de reflexión

Trilogía
CIENCIA TECNOLOGÍA SOCIEDAD

Etnopedología y enseñanza universitaria de suelos para la apropiación social del conocimiento*

Ethnopedology and University Teaching of Soil Science for the Social Appropriation of Knowledge

Jhony Armando Benavides-Bolaños[1], Alejandro Pérez y Soto Domínguez[2]

Resumen

Este artículo parte del problema de que la enseñanza universitaria de la ciencia del suelo usualmente forma competencias técnicas sólidas, pero presta escasa atención a la manera en que los agricultores conocen, clasifican y manejan los suelos. En consecuencia, se analiza cómo la integración sistemática de ese conocimiento puede transformar la enseñanza del suelo en programas de pregrado en educación agrícola, situándose en la experiencia en Colombia y atendiendo especialmente a las tensiones entre formación disciplinar, extensión rural y trabajo con comunidades campesinas en territorios latinoamericanos. A partir de una revisión de literatura en ciencia del suelo, etnopedología, pedagogía agrícola, agroecología y estudios sociales de la ciencia y la tecnología, se identifican las fortalezas y limitaciones del modelo aula-campo-laboratorio. Se describen tres mecanismos pedagógicos que articulan críticamente saberes científicos y locales: salidas de campo con comparación de taxonomías, mapeo participativo y proyectos de aula vinculados con comunidades. Emergen, asimismo, cinco competencias clave para el estudiantado: dominio técnico disciplinar, integración crítica de sistemas de conocimiento, pensamiento sistémico, capacidades de diálogo intercultural y aptitudes para codiseñar soluciones de manejo del suelo. Esta integración contribuye a la gestión y apropiación social del conocimiento científico y tecnológico sobre el suelo, al formar profesionales capacitados para mediar entre marcos de conocimiento diversos y participar en procesos de coproducción de estrategias de manejo sostenible. El artículo propone, finalmente, lineamientos curriculares e institucionales para consolidar esta perspectiva en la educación agrícola superior.

Palabras clave: apropiación social del conocimiento, ciencia del suelo, conocimiento agrícola local, educación agrícola, etnopedología.

Cómo referenciar

Benavides-Bolaños, J. A., & Pérez y Soto Domínguez, A. (2026). Etnopedología y enseñanza universitaria de suelos para la apropiación social del conocimiento. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 18*(40), art. e3962. https://doi.org/10.22430/21457778.3962

* El artículo surge de una investigación independiente de los autores.

[1] Universidad del Valle, Cali, Colombia, jhony.benavides@correounivalle.edu.co
[2] Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, aperezy@unal.edu.co

Recibido: 1 de abril de 2026 | **Aceptado:** 15 de julio de 2026

CC BY NC SA
OPEN ACCESS

Abstract

While university teaching of soil science usually develops strong technical competencies, it pays limited attention to how farmers understand, classify, and manage soils. Accordingly, this study analyzes how the systematic integration of this knowledge can transform soil science teaching in undergraduate programs on agricultural education. The article draws on experience in Colombia and focuses particularly on the tensions among disciplinary training, rural extension, and work with farming communities in Latin American territories. Based on a literature review in soil science, ethnopedology, agricultural pedagogy, agroecology, and social studies of science and technology, the strengths and limitations of the classroom–field–laboratory model are identified. Three pedagogical mechanisms that critically articulate scientific and local knowledge are described: field trips involving the comparison of taxonomies, participatory mapping, and classroom projects linked to communities. In addition, five key student competencies emerge: disciplinary technical expertise, critical integration of knowledge systems, systems thinking, intercultural dialogue skills, and the ability to co-design soil management solutions. This integration contributes to the management and social appropriation of scientific and technological knowledge about soil by preparing professionals capable of mediating among diverse knowledge frameworks and participating in the co-production of sustainable management strategies. Finally, the article proposes curricular and institutional guidelines for consolidating this perspective in higher agricultural education.

Keywords: social appropriation of knowledge, soil science, local agricultural knowledge, agricultural education, ethnopedology.

INTRODUCCIÓN

Esta reflexión parte de experiencias docentes, de extensión y de investigación desarrolladas por los autores en programas universitarios de ciencias agrarias, ingeniería agrícola, agronomía y gestión del suelo en distintos contextos regionales de Colombia, específicamente en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Nariño y Antioquia, en diálogo con debates latinoamericanos sobre educación agrícola, con estudiantes de pregrado y posgrado, organizaciones territoriales y actores institucionales que enfrentan problemas concretos de degradación, conservación, fertilidad y uso agrícola del suelo, valorando especialmente el conocimiento de los agricultores y la apropiación social del conocimiento en contextos rurales y periurbanos. Desde este lugar de enunciación, el problema no se entiende como una carencia abstracta del currículo, sino como una tensión observada en la formación de profesionales que deben actuar en territorios donde las decisiones sobre el suelo se construyen entre criterios técnicos, experiencias campesinas, restricciones institucionales y relaciones sociales concretas.

La enseñanza de la ciencia del suelo en programas de pregrado de ciencias agrícolas ha enfrentado históricamente una brecha importante entre los contenidos disciplinares y las realidades de los sistemas de agricultura familiar y campesina. Mientras los cursos de edafología enfatizan en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, suelen prestar atención limitada a las formas locales de conocer, clasificar y manejar los suelos desarrolladas por las comunidades rurales en contextos específicos. Esta brecha puede dificultar que los profesionales, al egresar, dialoguen con las

comunidades, diagnostiquen problemas situados y codiseñen soluciones técnica y culturalmente pertinentes (Bouma, 2015; Bouma et al., 2019; Hartemink & McBratney, 2008).

En este contexto, la etnopedología ofrece instrumentos conceptuales y metodológicos para repensar la enseñanza de la ciencia del suelo y, al mismo tiempo, discutir cómo se produce, circula y se apropia socialmente su conocimiento tecnocientífico (Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Peña-Venegas et al., 2016). Más que un inventario de taxonomías vernáculas, la etnopedología es una disciplina que permite comprender cómo interpretan, quienes trabajan la tierra, las variaciones de color, textura, humedad o pendiente, de qué forma conectan estas interpretaciones con historias de uso y las traducen en decisiones concretas de siembra, labranza, rotación y descanso (Gray & Morant, 2003; Yageta et al., 2019).

Si bien estos sistemas de conocimiento son fundamentales para la gestión cotidiana del riesgo agrícola y para la adaptación a la variabilidad ambiental, han sido frecuentemente subordinados al conocimiento experto, incluso cuando diversos estudios muestran correspondencias entre las evaluaciones locales de fertilidad y calidad del suelo y los indicadores cuantitativos obtenidos en laboratorio (Hualpa et al., 2025; Vanek & Drinkwater, 2019). Desde una perspectiva de ciencia, tecnología y sociedad (CTS), las relaciones de poder y los regímenes de autoridad epistémica condicionan quién puede hablar legítimamente sobre el suelo, cómo se definen los problemas y qué soluciones se consideran válidas (Coolsaet, 2016; Llanes-Ortiz, 2020; Maughan & Anderson, 2023).

Los suelos exceden su función productiva inmediata, en tanto sostienen procesos ecológicos que posibilitan la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono, el soporte a la biodiversidad y la seguridad alimentaria (Greiner et al., 2017; Hurni et al., 2015; Koch et al., 2013; Lal et al., 2021). En este sentido, el debate sobre la «seguridad del suelo» plantea que su degradación no solo afecta la productividad agrícola, sino también la resiliencia ecológica y el bienestar humano, especialmente en territorios donde la agricultura familiar depende de funciones edáficas difíciles de reemplazar con insumos externos (Bouma, 2015; Keesstra et al., 2016). Al respecto, la agroecología se constituye como un puente conceptual y práctico que propone formas de manejo mixtas, de conocimiento local y principios ecológicos, para conservar la base edáfica de los agroecosistemas.

Igualmente, la agroecología ha mostrado que las estrategias de adaptación climática más efectivas son las que combinan las prácticas locales de manejo con principios ecológicos de protección de la base edáfica de los agroecosistemas y de fortalecimiento de la resiliencia de los medios de vida rurales (Altieri et al., 2012, 2015; Pereira et al., 2018; Thornton et al., 2014). Desde una mirada CTS, estos procesos pueden entenderse como formas de gestión y apropiación social del conocimiento científico y tecnológico, en las que actores diversos negocian sentidos, experimentan con prácticas y reconfiguran sus relaciones con los territorios.

El problema que guía este artículo es que la enseñanza universitaria de la ciencia del suelo forma competencias técnicas sólidas, pero todavía ofrece pocos espacios para comprender cómo las comunidades rurales conocen, clasifican y manejan los suelos, y cómo esos sistemas de conocimiento inciden en la aceptación, adaptación o rechazo de las recomendaciones agronómicas (Knowler & Bradshaw, 2007; Vanek & Drinkwater, 2019). Ante este problema, el objetivo del artículo es proponer un marco conceptual, pedagógico e institucional que vincule sistemáticamente la etnopedología con la

enseñanza universitaria de la ciencia del suelo, interpretando esta articulación como un proceso de gestión y apropiación social del conocimiento tecnocientífico sobre suelos en contextos agrícolas. El análisis de la literatura consistió en una lectura crítica y comparativa de 85 publicaciones académicas, seleccionadas por su pertinencia para cuatro ejes relacionados con la contribución del artículo: enseñanza de la ciencia del suelo y pedagogía agrícola; etnopedología y conocimiento local sobre clasificación y manejo de suelos; agroecología y relaciones entre conocimiento científico y comunitario; y metodologías participativas, coproducción de conocimiento y codiseño. A partir de este corpus, se identificaron patrones recurrentes, divergencias y vacíos en la forma como se integra —o no— el conocimiento de las agricultoras y los agricultores en la enseñanza de la ciencia del suelo. Esta revisión se complementó con nuestra experiencia en docencia universitaria, extensión agrícola y proyectos de investigación participativa en Colombia. Tal anclaje permitió contrastar la literatura con situaciones concretas de formación agrícola, trabajo de campo y relación universidad-comunidad y sirvió de base para elaborar el marco conceptual, pedagógico e institucional que organiza el artículo.

ETNOPEDOLOGÍA: DEFINICIÓN, ALCANCE Y SENTIDO EDUCATIVO

La etnopedología se refiere a los sistemas de conocimiento, clasificación y prácticas de manejo de suelos que comunidades campesinas e indígenas desarrollan a partir de la observación acumulada y la experiencia histórica (Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Barrios & Trejo, 2003; Krasilnikov & Tabor, 2003). Como campo interdisciplinario, articula la edafología con la antropología y los estudios rurales para comprender cómo distintos grupos humanos perciben, nombran y gestionan los suelos y cómo esas percepciones se traducen en decisiones concretas de uso y manejo (WinklerPrins & Barrera-Bassols, 2004).

En este artículo usamos el término *etnopedología* para referirnos al campo teórico-metodológico que estudia estas formas locales de conocer, clasificar y manejar los suelos, y no como sinónimo directo de «conocimiento tradicional». Por ello, cuando se mencionan conocimientos de agricultores, indígenas o locales, se alude a los sistemas de interpretación y práctica que la etnopedología permite analizar, comparar y poner en diálogo con la ciencia del suelo. Aunque etnopedología y etnoedafología se emplean con frecuencia como términos equivalentes, en este artículo la etnoedafología se entiende como un enfoque más centrado en el conocimiento local sobre la aptitud, el uso y el manejo productivo del suelo, mientras que la etnopedología comprende, además, sus sistemas de percepción, nomenclatura, clasificación y relaciones históricas y territoriales (Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Ortiz Solorio & Gutiérrez Castorena, 2022).

Preferimos aquí el término etnopedología porque el artículo se apoya en la literatura internacional consolidada bajo esta denominación y porque su interés supera el uso productivo del suelo al incluir su clasificación, manejo, experiencia histórica, relaciones territoriales y enseñanza universitaria. El enfoque en la etnopedología permite, además, responder a críticas frecuentes dirigidas al conocimiento local sobre los suelos, según las cuales este se limitaría a propiedades superficiales y contextos estrictamente locales, no produciría clasificaciones consistentes o tendría un carácter meramente

folclórico; estas objeciones y las evidencias que permiten matizarlas han sido examinadas en estudios comparativos y revisiones de la literatura etnopedológica (Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Krasilnikov & Tabor, 2003).

Tales críticas parten de una comparación desigual entre sistemas de conocimiento y desconocen que las clasificaciones locales no buscan sustituir la descripción morfológica del perfil, la taxonomía técnica ni los análisis de laboratorio, en tanto operan en otra escala de observación y decisión. La etnopedología es valiosa porque los cambios que registra se manifiestan en la práctica agrícola cotidiana, da cuenta de asuntos como endurecimiento superficial, pérdida de estructura, encharcamiento, cambios de color, aparición o desaparición de plantas indicadoras, respuesta del cultivo, facilidad de laboreo, erosión, compactación, retención de humedad o recuperación de la fertilidad después de ciertos manejos. Muchos de estos procesos son inferidos por la ciencia del suelo a partir de rasgos morfológicos, mediciones puntuales o indicadores indirectos, mientras que agricultoras y agricultores los reconocen como cambios situados, acumulados y comparados a través de ciclos productivos sucesivos (Klein et al., 2024; Ortiz-Solorio et al., 2026).

Es notable la diversidad de taxonomías y criterios de clasificación documentada por los estudios etnopedológicos. En la Amazonia colombiana, por ejemplo, la distinción entre suelos naturales y antrópicos, hecha por las comunidades indígenas, se enlaza con historias de ocupación, prácticas rituales y estrategias de fertilidad (Peña-Venegas et al., 2016). En Ecuador, se han construido categorías que funcionan como reglas prácticas para la toma de decisiones (Hualpa et al., 2025; Postigo & Valdez, 2022), gracias a que los agricultores combinan indicadores visuales (color, textura, pedregosidad, humedad) con criterios de fertilidad, drenaje y asociación con cultivos específicos.

Estudios recientes en América Latina muestran que las clasificaciones locales del suelo pueden relacionarse con indicadores técnicos de aptitud, fertilidad y manejo. En Alto Beni, Bolivia, agricultores identificaron cinco clases locales de suelo (arenoso, gredoso, negro, pedregoso y secarrón), y sus preferencias agrícolas coincidieron en parte con índices paramétricos de aptitud calculados según propiedades edáficas y condiciones de terreno (Zapata-Muñoz et al., 2022). Asimismo, encuestas a 555 pequeños productores en los Andes ecuatorianos mostraron que reconocen la fertilidad del suelo con indicadores como textura, color, profundidad, pedregosidad, facilidad de laboreo, presencia de organismos y plantas indicadoras, lo que evidencia que es útil articular el conocimiento local y el análisis físico-químico con el fin de orientar prácticas de manejo más pertinentes (Jiménez et al., 2024). Todos estos estudios ratifican las revisiones recientes que ubican a la etnopedología como una disciplina clave para la seguridad del suelo, la coproducción de conocimiento y la integración entre criterios locales y científicos de evaluación edáfica (Pérez-Rodríguez et al., 2023).

Son significativas las correlaciones entre las categorías campesinas de clasificación y las propiedades de suelo medibles en laboratorio. En los agroecosistemas andinos, por ejemplo, el fósforo disponible y las propiedades estructurales se han relacionado con las percepciones locales de fertilidad (Ordoñez et al., 2015; Vanek & Drinkwater, 2019). En gradientes altitudinales del sur de Ecuador, los juicios de agricultores sobre color, textura y humedad han tenido moderados vínculos con presencia de carbono orgánico y otros indicadores fisicoquímicos (Hualpa et al., 2025). Por último, en la Mixteca Alta de Oaxaca, se encontró relación entre los criterios de aptitud para café y los umbrales específicos

de profundidad, pH y conductividad eléctrica (López-Carmona et al., 2023). Los resultados de estos estudios indican que las tipologías locales funcionan como sistemas heurísticos sofisticados que reúnen múltiples señales del suelo, algunas superficiales y otras relativas a procesos edáficos acumulados que se expresan en la respuesta del cultivo, la humedad, la estructura, la compactación, la erosión o la facilidad de manejo (Abera et al., 2021; Laekemariam et al., 2017; Wawire et al., 2021).

Desde una perspectiva educativa y de CTS, el reconocimiento de la validez y sofisticación del conocimiento local es significativo al menos por tres motivos. Primero, se cuestiona el paradigma científico como el único válido (Coolsaet, 2016; Llanes-Ortiz, 2020), al permitir que los estudiantes comprendan las múltiples formas legítimas de conocer y clasificar los suelos. Segundo, ofrece conceptos alternativos que enriquecen la comprensión de las propiedades y funciones del suelo, y evidencia las analogías con las variables científicas de muchas decisiones de manejo local. Tercero, prepara a los futuros profesionales para ser mediadores de conocimiento, una competencia fundamental para la extensión rural, la coproducción de conocimiento y la apropiación social del conocimiento científico y tecnológico en territorios donde la experiencia campesina, así como las recomendaciones técnicas, sustentan las decisiones que se toman (Bicalho & Peixoto, 2016; Braidotti et al., 2021; Stoate et al., 2019).

ENSEÑANZA ACTUAL DE LA CIENCIA DEL SUELO: FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Según la investigación en educación agrícola, predomina un modelo pedagógico en la enseñanza de la ciencia del suelo que articula tres componentes: exposición conceptual en el aula, observación en campo y experimentación controlada en laboratorio (Brevik et al., 2022; Field et al., 2011; Hartemink et al., 2014). Las fortalezas de este paradigma son claras: las clases magistrales proporcionan marcos conceptuales sintéticos, las salidas de campo permiten experimentar la variabilidad espacial y vincular conceptos con paisajes, y los laboratorios facilitan mediciones precisas y control de variables.

Sin embargo, desde la perspectiva de la gestión y apropiación social del conocimiento sobre el suelo, las limitaciones estructurales de este modelo son notorias. Resulta escasa la atención a las dimensiones sociales, culturales e históricas del manejo del suelo, porque los planes de estudio enfatizan en sus propiedades físicas y químicas. El trabajo de campo, cuando se realiza, suele orientarse a «ilustrar» conceptos científicos, en lugar de explorar cómo las comunidades locales entienden y gestionan esos mismos suelos (Amador, 2019; Neaman et al., 2021). Por este motivo, hay una desconexión entre lo que se enseña y los problemas territoriales concretos, una distancia entre aula y laboratorio, por un lado, y realidades de la agricultura familiar, por otro. Esta es una causa por la cual los egresados se sienten poco preparados para trabajar con productores, diseñar soluciones contextualizadas o comunicar conceptos técnicos de forma accesible (Roca Vallejo et al., 2025).

Este enfoque, en consecuencia, desalienta frecuentemente la reflexión crítica debido al diseño curricular y a los intereses que dicho currículo privilegia. Los estudiantes no suelen cuestionar premisas como que la ciencia del suelo es culturalmente neutral o que los indicadores científicos de calidad de suelos son superiores a las percepciones locales (Hartemink & McBratney, 2008). Es posible, entonces,

que debido a esta brecha entre teoría enseñada y aplicación sensible al contexto, los profesionales implementen —años después de graduarse— intervenciones técnicas que desconocen los marcos locales de decisión (Bicalho & Peixoto, 2016; Loboguerrero et al., 2018; Vanino et al., 2023). Según la literatura sobre programas innovadores en ciencias agrícolas, la ausencia de espacios para discutir historia, poder e inequidad en la enseñanza, temas centrales en la agroecología y la educación crítica, afectan la capacidad del estudiantado para comprender por qué ciertas recomendaciones técnicas son aceptadas, adaptadas o rechazadas en los territorios (Dumitru, 2021; Meek & Tarlau, 2016; Rivera-Ferre et al., 2021).

Sin embargo, han surgido experiencias que buscan transformar este paradigma mediante enfoques de aprendizaje activo y situado. Se evidencian mejoras en la motivación, la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades profesionales, como consecuencia de cursos que incluyen trabajo basado en problemas reales, prácticas de laboratorio vinculadas con decisiones agronómicas concretas y actividades de campo centradas en la observación cuidadosa del territorio (Abbey et al., 2017; Amador, 2019; Aran, 2024; Coleman et al., 2024). Se ha demostrado, también, que integrar al currículo propuestas como los «desafíos de habilidades en suelo» y las competencias de evaluación de suelos propicia que el aprendizaje experiencial fortalezca el dominio técnico y las habilidades transversales, aunque muchas de estas innovaciones siguen siendo periféricas en los planes de estudio (Al-Ismaily et al., 2021, 2025).

El modelo tripartito de la enseñanza actual de la ciencia del suelo en pregrado es eficaz para transmitir fundamentos disciplinares, pero insuficiente para preparar profesionales capaces de dialogar con agricultores, integrar críticamente sistemas de conocimiento diversos y codiseñar estrategias de manejo sostenible del suelo en contextos específicos. La cuestión que guía las secciones siguientes es cómo transformar este modelo para que, sin abandonar el rigor científico, integre de manera sistemática el conocimiento agrícola local y fortalezca las competencias necesarias para la coproducción y la apropiación social del conocimiento tecnocientífico sobre el suelo en los territorios rurales.

MECANISMOS PEDAGÓGICOS PARA INTEGRAR LA ETNOPEDOLOGÍA Y LA CIENCIA DEL SUELO

Para integrar la etnopedología en la enseñanza universitaria de la ciencia del suelo no es necesario crear una asignatura independiente, sino reorientar estratégicamente actividades, ejemplos y dispositivos pedagógicos entre los cursos de edafología, manejo y conservación de suelos. A continuación, se describen tres mecanismos documentados en la literatura que muestran cómo el conocimiento de los agricultores puede integrarse sistemáticamente en la formación disciplinar.

Salidas de campo con comparación de sistemas de conocimiento

Un primer mecanismo son las salidas de campo en las que los estudiantes utilizan tanto criterios de clasificación científica (descripción de horizontes, textura, pruebas sencillas de permeabilidad) como categorías locales. En visitas a fincas, los estudiantes abren calicatas, describen perfiles según

los protocolos edafológicos y entrevistan a las familias agricultoras para conocer cómo nombran y clasifican ese suelo, qué lo hace «bueno» o «cansado», dónde ubican cada cultivo y por qué (Barrera-Bassols & Zinck, 2003; Barrios & Trejo, 2003; Bicalho & Peixoto, 2016). Con esta yuxtaposición de sistemas, se amplían espacios de reflexión sobre lo que cada marco capta mejor y se dilucidan las posibilidades de complementarlos.

Experiencias en Uganda muestran que cuando los extensionistas combinan explicaciones científicas con demostraciones de campo sencillas que hacen visibles procesos como la infiltración, agregación o descomposición de residuos y los agricultores elaboran explicaciones más sofisticadas sobre la «vida del suelo» y su relación con el manejo cotidiano (Pincus et al., 2018). De forma similar, currículos participativos en El Salvador y otros países de Centroamérica han documentado cómo el trabajo práctico en campo para producir compost, abonos verdes y biofertilizantes opera a la vez como laboratorio de experimentación y espacio para resignificar las relaciones con el suelo (Aiterwegmair et al., 2021; Millner, 2023; Picado, 2024).

Mapeo participativo y cartografía colaborativa

Un segundo mecanismo se basa en ejercicios de mapeo participativo en los que estudiantes y comunidades elaboran conjuntamente mapas del territorio que identifican categorías locales de suelos, límites, características y usos. Estos mapas pueden construirse inicialmente de manera analógica (croquis, diagramas en papel) y luego ser georreferenciados por el estudiantado en sistemas de información geográfica (SIG), por ejemplo, en QGIS, sistema robusto y gratuito, generando versiones digitales que se comparan con cartografías oficiales de suelos, uso del suelo o unidades productivas (Delgado-Aguilar et al., 2019; Ramirez-Gomez et al., 2016; Schwartz et al., 2022).

La comparación entre cartografías oficiales y mapas participativos permite visualizar concordancias, discrepancias y zonas complementarias. Diagnósticos que superponen estos insumos revelan que las áreas homogéneas en mapas técnicos pueden albergar, desde la perspectiva campesina, una diversidad de tipos de suelo y microambientes ligados a historias de uso, derechos de acceso o riesgos específicos (Ramirez-Gomez et al., 2016; Schwartz et al., 2022). Con estos ejercicios, el estudiantado puede comprender que no hay neutralidad en las escalas cartográficas, las leyendas estandarizadas y las clasificaciones oficiales: todas enfatizan ciertas dimensiones —por ejemplo, propiedades fisicoquímicas— y simplifican otras —las reglas locales de manejo o las percepciones de aptitud— (Barrera-Bassols et al., 2006; Ortiz-Solorio et al., 2026). Si se apoyan en herramientas SIG sencillas, con estos procesos no solo fortalecen la competencia técnica en manejo de información espacial, sino también la capacidad crítica para interrogar lo que muestran y ocultan los mapas.

Proyectos de aula vinculados con comunidades agrícolas

Un tercer mecanismo lo componen los proyectos de aula que vinculan los contenidos de ciencia del suelo con problemas reales de comunidades agrícolas. A través de estos cursos, que trascienden las prácticas de laboratorio descontextualizadas, se pueden organizar proyectos de semestre en los que grupos de estudiantes trabajen con comunidades u organizaciones locales respecto a cuestiones

concretas: diagnosticar causas de erosión, comparar percepciones campesinas de degradación con mediciones de infiltración y cobertura o evaluar prácticas de conservación ante eventos de lluvia intensa (Keesstra et al., 2016; Ordoñez et al., 2015; Pereira et al., 2018).

El estudiantado, en estos proyectos, aplica a situaciones específicas conceptos de física, química y biología de suelos (como estabilidad de agregados, capacidad de intercambio catiónico o carbono orgánico) al tiempo que dialoga con la experiencia campesina. Investigaciones en América Latina han demostrado que los estudiantes comprenden más íntegramente de las dimensiones biofísicas y sociales de la degradación y la conservación cuando los cursos de suelo se articulan con diagnósticos participativos, proyectos comunitarios y debates sobre políticas de uso del suelo (Marchant Santiago et al., 2021; Ordoñez et al., 2015). En Chiapas, por ejemplo, se documentan procesos de educación-investigación-acción en los que las prácticas universitarias parten del reconocimiento de la agencia y autodeterminación de las comunidades en relación con sus territorios, lo que fortalece las identidades rurales y genera propuestas de manejo orientadas a la producción y, al mismo tiempo, a la defensa territorial (Aiterwegmair et al., 2021; Millner, 2023).

Estos proyectos propician espacios privilegiados para el ejercicio de competencias fundamentales: implementación rigurosa de conceptos técnicos en condiciones reales, pensamiento sistémico, integración crítica de conocimientos y capacidades de diálogo y codiseño. Desde la perspectiva del CTS, también son escenarios donde se disputa quién define los problemas, qué evidencias cuentan y cómo se legitiman las decisiones tecnocientíficas en el territorio (Coeugnet et al., 2023; Spies et al., 2025).

COMPETENCIAS QUE EMERGEN DE LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONOCIMIENTO

El perfil de competencias del estudiantado se transforma al integrar de forma sistemática la etnopedología en la enseñanza de la ciencia del suelo, más allá de añadir contenidos. Los mecanismos pedagógicos descritos posibilitan la construcción de cinco grupos de competencias con estrecha relación.

Competencia técnica en ciencia del suelo

La primera competencia es el dominio conceptual de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y sus interacciones. Este aprendizaje disciplinar se fortalece con la integración etnopedológica, al dialogar constantemente con situaciones reales (Brevik et al., 2022; Hartemink et al., 2014). A modo de ejemplo, no es un dato aislado la medición que hace un estudiante de la infiltración en un lote manejado durante años por una familia campesina; al contrario, se convierte en respuesta a preguntas localmente relevantes: por qué se encharca el terreno, cómo cambia la estructura al incorporar residuos, qué implica la pendiente para la erosión. La competencia técnica no se limita, entonces, a la memorización de valores de pH o clases texturales y se sitúa en diagnósticos rigurosos bajo la variabilidad espacial y temporal propia de los territorios (Al-Ismaily et al., 2025).

Integración crítica de conocimientos

Esta es quizás la competencia más exigente en términos formativos e implica la capacidad de reconocer que las decisiones sobre el suelo se originan en distintas fuentes empíricas, conceptuales y experienciales, tanto académicas como comunitarias. Es fundamental, asimismo, articularlas rigurosamente para el diagnóstico y manejo en contextos específicos (Abera et al., 2021; Bicalho & Peixoto, 2016; Saito et al., 2006). Lejos de idealizar las categorías locales o de relativizar la evidencia científica, se trata de comprender cómo distintas formas de observación, medición e interpretación aportan a diagnósticos más situados y técnicamente consistentes.

Los estudiantes consolidan esta competencia cuando se enfrentan a situaciones en las que una clasificación local, con un lenguaje distinto al de la taxonomía científica, por ejemplo, «suelos fríos» frente a «suelos calientes» en contextos andinos, muestra correlaciones consistentes con variables como temperatura del suelo, actividad microbiana o velocidad de descomposición (Peña-Venegas et al., 2016; Vanek & Drinkwater, 2019). La disrupción cognitiva que se genera con la experiencia resulta productiva: la internalización de que la edafología científica es la única lengua legítima del suelo se supera al conocer que las comunidades tienen sistemas de clasificación que capturan aspectos ecológicamente relevantes y funcionan como herramientas prácticas sofisticadas.

Según la literatura sobre epistemologías pluralistas, la coexistencia de múltiples sistemas de conocimiento (científico, indígena, tradicional, ancestral) puede producir enfoques más sólidos y adaptativos ante problemas complejos de gestión de recursos (Braidotti et al., 2021; Llanes-Ortiz, 2020; Luján Soto et al., 2020). Experiencias de investigación participativa en América Latina y Europa muestran que los diálogos en los que distintas perspectivas son críticamente valoradas dan lugar a soluciones más innovadoras y contextualizadas, fortaleciendo a la vez los vínculos entre comunidades y equipos técnicos (Coeugnet et al., 2023; Spies et al., 2025; Stoate et al., 2019).

Pensamiento sistémico

La tercera competencia es la del pensamiento sistémico: comprender los suelos no solo como objetos biofísicos (mezclas de minerales, materia orgánica y organismos), sino como componentes de sistemas socioecológicos complejos entrelazados con historias de uso del territorio, decisiones económicas de las familias, instituciones de tenencia de la tierra y ciclos de producción y reproducción social (Greiner et al., 2017; Hurni et al., 2015; Pereira et al., 2018). El trabajo de campo muestra que las decisiones de manejo rara vez se basan únicamente en criterios agronómicos (Knowler & Bradshaw, 2007; Madin et al., 2025; Prokopy et al., 2008).

Un agricultor puede reconocer los beneficios de establecer un barbecho mejorado para la fertilidad, pero no implementarlo por falta de mano de obra, cambios en los calendarios de cosecha, aumento del riesgo o simplemente porque tiene un segundo o tercer trabajo distinto al de la producción agrícola. El suelo se constituye, en este contexto, como punto de intersección entre consideraciones ecológicas, económicas y socioculturales. Por ello, en la actualidad, la pedagogía de la ciencia del suelo resalta la necesidad de incorporar explícitamente en los currículos este enfoque de sistemas, al reconocer que

las propiedades del suelo están vinculadas a los servicios ecosistémicos y a las metas de desarrollo sostenible (Keesstra et al., 2016; Koch et al., 2013; Lal et al., 2021).

Cuando no se separa artificialmente al suelo de su contexto, se fortalece la enseñanza por medio del pensamiento sistémico. Esto se materializa, por ejemplo, en proyectos de recuperación de suelos degradados vinculados con comunidades, en los que los estudiantes documentan cómo la medición del suelo a través de indicadores biofísicos de degradación se relaciona con cambios en los sistemas productivos, presiones de mercado, migración juvenil, políticas de subsidios y variabilidad climática (Issoufou et al., 2020; Kizys et al., 2025; Son et al., 2021). Con una perspectiva ecológica y política de esta naturaleza, se forma a profesionales capaces de pensar tanto en soluciones técnicas como institucionales y socioeconómicas, y aptos para dialogar con agendas de sustentabilidad más amplias.

Capacidades de diálogo intercultural

La cuarta competencia agrupa habilidades de diálogo y comunicación. Se trata de capacidades interpersonales que van más allá de «explicar bien», implican también escuchar activamente, preguntar sin juicio, tolerar silencios, atender a los significados que se expresan en el tono o el contexto. En una entrevista a una familia sobre criterios locales de fertilidad, el objetivo del estudiante no es llenar un formulario, sino dialogar atentamente para comprender matices, dudas y tensiones (Cui & Teo, 2023; Macaspac & Prudente, 2025). Desde esta perspectiva, el trabajo de campo —fundamental en el proceso formativo— es, además de una técnica de recolección de información, un aprendizaje de la construcción de vínculos sociales mínimos con las personas, en el que se reconocen las relaciones concretas con el suelo, la finca y la historia productiva del territorio que hay detrás de cada medición, mapa o entrevista.

El desarrollo de esta competencia permite concretar, además, un respeto epistémico específico hacia los sistemas de conocimiento locales: se los despoja de su categoría de «anécdotas» o «datos crudos», para interpretarlos como sistemas coherentes que producen soluciones duraderas y que deben ser comprendidos en sus propios términos antes de compararlos con otros marcos (Bicalho & Peixoto, 2016; Maughan & Anderson, 2023). Ese respeto implica interpretar críticamente el significado de cada concepto en su contexto de origen, sin forzar la inclusión de las categorías locales en los moldes científicos predefinidos (Coolsaet, 2016; Tengö et al., 2014); asimismo, implica reconocer que la descripción que proponen algunas de estas categorías no se limitan a las propiedades del suelo, sino que también aluden a relaciones prácticas, afectivas, productivas y territoriales mediante las cuales las personas habitan, cuidan y transforman sus agroecosistemas.

Finalmente, estas capacidades consisten en la habilidad de traducir conceptos que tienen registros distintos. A modo de ejemplo, el suelo con «buena estructura» del lenguaje edafológico puede equivaler al «suelo que respira» del habla campesina, a «suelo con buena vida» en otro contexto o a «suelo que drena, pero retiene la humedad» en un registro ligado a decisiones de siembra. Transitar entre registros, elegir el más idóneo para cada audiencia sin perder precisión, es esencial en la investigación participativa, la comunicación con tomadores de decisión y extensión rural (Braidotti et al., 2021; Loboguerrero et al., 2018).

Capacidad de codiseño

Esta competencia, que reúne a las anteriores, conlleva diseñar soluciones conjuntamente con los actores locales. El codiseño no consiste en una mera participación en la que «se consulta» a las comunidades antes de decisiones técnicas prediseñadas, sino en colaborar para identificar problemas, generar alternativas mediante el diálogo de saberes, evaluar resultados de forma participativa y analizar conjuntamente fracasos y éxitos (Coeugnet et al., 2023; O'Donnell et al., 2025; Petresin et al., 2025).

De acuerdo con la literatura reciente sobre codiseño en sistemas agroalimentarios, la inclusión de actores diversos, aunque no tengan formación técnica formal, puede generar innovaciones más pertinentes y socialmente sostenibles (Maughan & Anderson, 2023; Spies et al., 2025). Aun así, pueden existir tensiones en estos procesos debido a las diferencias de lenguaje, los criterios técnicos, las expectativas y las formas de valorar el éxito; estas realidades pueden generar frustraciones, traducciones parciales o incluso fracasos poco evaluados, como se ha documentado en experiencias colaborativas de diseño técnico con cooperativas rurales (Padawer, 2022).

La participación como actores, no solo observadores, en los proyectos y procesos de diagnóstico y diseño permiten que el estudiantado desarrolle esta competencia. Por ejemplo, en iniciativas para reducir la erosión en laderas, la participación no debe ser como «técnicos que diseñan terrazas», sino como intervinientes en un ciclo iterativo en el que se discuten tecnologías existentes, se mejoran diseños tradicionales con conceptos de mecánica de suelos o hidrología, se experimentan variantes y se evalúan resultados de manera participativa (Kizys et al., 2025).

Se ha señalado en estudios sobre el aprendizaje basado en proyectos comunitarios que estos contextos desarrollan habilidades de trabajo colaborativo, tolerancia a la incertidumbre y flexibilidad intelectual mayores que las pedagogías tradicionales (Aran, 2024; Coleman et al., 2024). En este sentido, resulta muy relevante la capacidad de codiseñar soluciones en circunstancias en las que no hay respuestas predeterminadas y ante un contexto de degradación de suelos, variabilidad climática y presión productiva crecientes (Guarín et al., 2024; Vanino et al., 2023).

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA Y LA INVESTIGACIÓN

Las implicaciones de la integración etnopedológica en la enseñanza de pregrado van más allá del aula, ya que comprometen el diseño curricular, la formación docente, las políticas institucionales y la investigación educativa. En cuanto al currículo, los cursos de suelos deberían funcionar como nodos articuladores entre contenidos disciplinares y problemas territoriales concretos, no como espacios aislados, de manera que el diagnóstico y manejo sostenible del suelo se enseñen desde la articulación entre el conocimiento científico y el de los agricultores (Jordan et al., 2008; Parr & Trexler, 2011).

Para ello no es necesario añadir contenidos sociales de manera acumulativa ni desplazar la formación básica en física, química, biología y clasificación de suelos; basta con hacer efectiva una selección curricular cuidadosa, considerando que incorporar trabajo participativo, reflexión crítica y diálogo con comunidades también genera tensiones con el tiempo disponible para enseñar contenidos

disciplinares y con los formatos tradicionales de evaluación. Esto conlleva desarrollar discusiones sobre los sistemas locales de conocimiento y sobre las condiciones históricas, institucionales y pedagógicas que han definido las formas «legítimas» de conocer el suelo en la formación agronómica. Una revisión historiográfica detallada de la ciencia del suelo excede el alcance de este artículo, pero constituye una línea necesaria de trabajo futuro para comprender por qué en la enseñanza universitaria se han preferido ciertos lenguajes, métodos y criterios de validación, y de qué manera podría posibilitarse el diálogo entre formas académicas y comunitarias de interpretación del suelo. Asimismo, se requieren proyectos integradores de agronomía, ecología, ciencias sociales y educación en contextos reales de trabajo con comunidades y organizaciones territoriales (Coolsaet, 2016; Dumitru, 2021; Maughan & Anderson, 2023; Rivera-Ferre et al., 2021).

En cuanto a la formación y el acompañamiento del profesorado, en este cambio pedagógico no basta con reformular programas; se requieren procesos sostenidos de formación docente para facilitar metodologías participativas, evaluar competencias complejas y conducir diálogos respetuosos con comunidades rurales. Para desarrollar estas capacidades con suficiencia, a los cursos breves o las aproximaciones instrumentales a métodos sociológicos o etnográficos debe agregársele el trabajo interdisciplinario, el acompañamiento de personas formadas en educación, ciencias sociales y extensión rural, y una disposición institucional para reconocer que la enseñanza situada del suelo demanda preparación pedagógica, ética y metodológica específica. Según la evidencia, los talleres breves tienen efectos limitados, mientras que los procesos intensivos y sostenidos, articulados con comunidades de práctica, ofrecen mejores resultados. Es el caso de experiencias como la del Curriculum for Agricultural Science Education (CASE), con 50-100 horas de formación por curso, que muestran el valor de una preparación prolongada en diseño curricular, evaluación auténtica y pedagogía participativa (Bowser et al., 2025). Adicionalmente, según la literatura en educación agrícola, las experiencias de aprendizaje activas y los trabajos de campo contextualizados propician el diseño de cursos más abiertos al trabajo comunitario, al diagnóstico conjunto y a la integración entre saberes científicos y locales (Al-Ismaily et al., 2021; Amador, 2019; Neaman et al., 2021).

En cuanto al ámbito institucional, el principal desafío es coordinar los sistemas de evaluación y reconocimiento académico con una enseñanza orientada al territorio. En muchas universidades, el trabajo participativo, diagnóstico comunitario y codiseño de soluciones se reconocen mucho menos que la producción científica convencional, lo que desincentiva la innovación pedagógica, aun cuando exista voluntad docente (Dumitru, 2021; Field et al., 2017). En consecuencia, para obtener transformaciones más sostenibles, es necesario reconocer estas prácticas como formas legítimas de investigación educativa, extensión crítica y construcción intercultural de conocimiento, valoradas por su impacto en el aprendizaje, la generación de conocimiento contextualizado y el fortalecimiento de los vínculos universidad-comunidad (Al-Ismaily et al., 2021; Parr & Trexler, 2011; Taddei Salinas, 2017). Otros factores que permiten ampliar el alcance de las innovaciones pedagógicas son las redes regionales entre facultades, comunidades rurales y actores territoriales que eviten la duplicación de esfuerzos y favorezcan la circulación de diseños curriculares, materiales e instrumentos de evaluación (Brevik et al., 2022; Roca Vallejo et al., 2025; Vanino et al., 2023).

Asimismo, la agenda de investigación puede aportar con estudios que documenten más rigurosamente los efectos de estas experiencias sobre la comprensión conceptual, el desarrollo de competencias y las perspectivas estudiantiles, combinando aproximaciones cuantitativas y cualitativas (Abbey et al., 2017; Amador, 2019; Coleman et al., 2024). En este sentido, es pertinente analizar cómo los indicadores locales de calidad del suelo se relacionan con funciones ecosistémicas específicas, y cómo distintos modelos de coproducción de conocimiento contribuyen con estrategias de manejo más contextualizadas y sostenibles (Camini et al., 2025; O'Donnell et al., 2025). En conjunto, la integración etnopedológica no debe concebirse como una innovación puntual de aula, sino como una transformación curricular e institucional más amplia. Así entendida, se consolida como un campo estratégico para repensar la enseñanza universitaria de la ciencia del suelo, fortalecer la apropiación social del conocimiento y situar la formación agrícola en reflexiones macro sobre democracia del conocimiento, sostenibilidad territorial y educación universitaria efectiva.

CONCLUSIONES

Integrar sistemáticamente el conocimiento local sobre suelos en la enseñanza universitaria tiene una dimensión simbólica importante, porque reconoce la presencia histórica de formas comunitarias de interpretar y manejar el suelo. Pero no se trata de un mero reconocimiento, en tanto constituye también una reorientación pedagógica que fortalece el rigor, la pertinencia territorial y la capacidad profesional. El circuito aula-campo-laboratorio, convertido en espacio de diálogo y contraste entre sistemas de conocimiento, le da densidad al aprendizaje técnico y, a la vez, propicia que se entrenen competencias de mediación, pensamiento sistémico y codiseño. Desde una perspectiva pedagógica, el principal aporte de esta propuesta es el enriquecimiento del aprendizaje con la mezcla entre la formación en ciencia del suelo con su rigor disciplinar y la preparación al estudiantado para interpretar problemas edáficos como situaciones biofísicas, sociales y territoriales. Para lograrlo, es perentorio pasar de una enseñanza en la que prevalecen los contenidos y procedimientos técnicos hacia experiencias formativas en que las mediciones, los mapas, las clasificaciones y las recomendaciones agronómicas sean discutidas junto con las prácticas, restricciones y criterios de decisión de las comunidades rurales.

Esta propuesta va más allá del curso de ciencia del suelo en educación universitaria, al interpelar la forma en que se gestiona el conocimiento tecnocientífico del suelo: quién lo produce, quién lo traduce, quién lo usa y con qué fines. Entendidos como apropiación social, estos procesos convierten a la docencia en un espacio de deliberación sobre tecnociencia situada y no en una simple actividad curricular. Tal deliberación desvirtúa la idea de neutralidad científica y encamina a la academia hacia una epistemología pluralista que, sin renunciar a la medición y la evidencia, reconoce a los múltiples sistemas de conocimiento como capaces de producir soluciones más sólidas y apropiables en contextos complejos. El reto inmediato, más que demostrar que el saber local cuenta, es construir acuerdos institucionales para que la integración no dependa de esfuerzos individuales. Con esta propuesta no se busca establecer un modelo universal de integración etnopedológica aplicable de la misma manera en cualquier programa de formación agrícola, pues su alcance depende de las historias institucionales, las trayectorias curriculares, las relaciones universidad-comunidad, los territorios

concretos y los actores que participan en cada experiencia pedagógica. Por lo tanto, el artículo no ofrece una receta metodológica, sino un marco situado de reflexión y acción que debe ajustarse críticamente considerando las condiciones sociales, culturales, ecológicas e institucionales de cada contexto. De esta forma, la ciencia del suelo podría ser más pertinente a la sociedad y dotarse de una capacidad transformadora frente a la degradación, la desigualdad rural y la crisis climática.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con este manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Jhony Armando Benavides-Bolaños: conceptualización, metodología, investigación, escritura del primer borrador, escritura y revisión del borrador final.

Alejandro Pérez y Soto Domínguez: escritura del primer borrador y validación.

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la preparación de este manuscrito, los autores utilizaron ChatGPT (OpenAI, modelo GPT-5.4) como herramienta de apoyo para la corrección ortotipográfica y estilística del texto, la traducción del resumen y de las palabras clave. Todas las sugerencias y los resultados generados mediante esta herramienta fueron revisados, verificados y, cuando fue necesario, modificados por los autores. La inteligencia artificial (IA) no fue empleada como fuente de información ni fue citada como autora. La formulación de los argumentos, la selección y verificación de las fuentes, las interpretaciones, las conclusiones y la versión final del manuscrito son responsabilidad exclusiva de los autores.

La instrucción dada a la IA fue: «Realiza una revisión editorial del manuscrito limitada a las siguientes tareas: identificar errores ortográficos, ortotipográficos, gramaticales y de puntuación; señalar problemas de claridad, cohesión, redundancia o consistencia terminológica; proponer mejoras de estilo que preserven el significado, los argumentos y la voz de los autores; apoyar la correspondencia entre las versiones en español e inglés mediante traducciones fieles; y sugerir ajustes formales para el material gráfico de apoyo. Presenta todas las modificaciones como sugerencias claramente identificables para que sean evaluadas por los autores. No agregues información científica nueva, no generes ni sustituyas citas o referencias bibliográficas, no alteres datos, resultados, interpretaciones o conclusiones, y no formules afirmaciones que no estén respaldadas por el manuscrito y sus fuentes verificadas. Si detectas una posible inconsistencia científica, metodológica o bibliográfica, señálala para revisión humana sin intentar resolverla mediante información inventada o no verificada. Los autores revisarán, contrastarán y decidirán sobre cada sugerencia y conservarán la responsabilidad exclusiva por la selección y verificación de las fuentes, la construcción de los argumentos, la interpretación de la literatura, las conclusiones y la versión final del manuscrito».

REFERENCIAS

Abbey, L., Dowsett, E., & Sullivan, J. (2017). Use of problem-based learning in the teaching and learning of horticultural production. *Journal of Agricultural Education and Extension*, *23*(1), 61-78. https://doi.org/10.1080/1389224X.2016.1202846

Abera, W., Assen, M., & Satyal, P. (2021). Synergy between farmers' knowledge of soil quality change and scientifically measured soil quality indicators in Wanka watershed, northwestern highlands of Ethiopia. *Environment, Development and Sustainability*, *23*(2), 1316-1334. https://doi.org/10.1007/s10668-020-00622-3

Aiterwegmair, K., Mier y Terán Giménez Cacho, M., Limón Aguirre, F., Vilsmaier, U., Merçon, J., López Hernandez, J. F., & Velarde, R. M. (2021). Recreando agri-cultura: Conocimientos agroecológicos e identidades campesinas en un proceso de educación-investigación-acción en Chiapas, México. *Revista Brasileira de Educação Do Campo*, *6*, art. e11925. https://doi.org/10.20873/uft.rbec.e11925

Al-Ismaily, S., Al-Mayhai, A., Al-Busaidi, H., Kacimov, A., Blackburn, D., Al-Maktoumi, A., & Al-Siyabi, B. (2021). Soil skills challenge: A problem-based field competition towards active learning for BSc. Geoscience students. *Geoderma*, *385*, art. 114903. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114903

Al-Ismaily, S., Umarova, A., & Bouma, J. (2025). From Soil Pits to Global Goals: Pedagogical Innovations for a Sustainability-Oriented Soil-Science Curriculum Aligned With the Sustainable Development Goals. *Spanish Journal of Soil Science*, *15*, art. 15173. https://doi.org/10.3389/sjss.2025.15173

Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: Contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, *32*(1), 1-13. https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(3), 869-890. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2

Amador, J. A. (2019). Active learning approaches to teaching soil science at the college level. *Frontiers in Environmental Science*, *7*, art. 111. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00111

Aran, D. (2024). Helping Future Schoolteachers Discover and Teach Soil: An Example of Project-Based Learning. *Spanish Journal of Soil Science*, *14*, art. 12280. https://doi.org/10.3389/sjss.2024.12280

Barrera-Bassols, N., & Zinck, J. A. (2003). Ethnopedology: A worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, *111*(3-4), 171-195. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00264-1

Barrera-Bassols, N., Zinck, J. A., & Van Ranst, E. (2006). Local soil classification and comparison of indigenous and technical soil maps in a Mesoamerican community using spatial analysis. *Geoderma*, *135*, 140-162. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.11.010

Barrios, E., & Trejo, M. T. (2003). Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma*, *111*(3-4), 217-231. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00265-3

Bicalho, A. M. de S. M., & Peixoto, R. T. dos G. (2016). Farmer and scientific knowledge of soil quality: A social ecological soil systems approach. *Belgeo*, (4), 1-22. https://doi.org/10.4000/belgeo.20069

Bouma, J. (2015). Reaching out from the soil-box in pursuit of soil security. *Soil Science and Plant Nutrition*, *61*(4), 556-565. https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1045403

Bouma, J., Montanarella, L., & Evanylo, G. (2019). The challenge for the soil science community to contribute to the implementation of the UN Sustainable Development Goals. *Soil Use and Management*, *35*(4), 538-546. https://doi.org/10.1111/sum.12518

Bowser, A., Smalley, S., & Ramstad, J. (2025). Determining the Effectiveness of CASE Professional Development for CASE-certified Agricultural Education Teachers. *Journal of Agricultural Education*, *66*(2), art. 17. https://doi.org/10.5032/jae.v66i2.92

Braidotti, G., De Nobili, M., & Piani, L. (2021). Integrated Use of Local and Technical Soil Quality Indicators and Participatory Techniques to Select Them. A Review of Bibliography and Analysis of Research Strategies and Outcomes. *Sustainability*, *13*(1), art. 87. https://doi.org/10.3390/su13010087

Brevik, E. C., Krzic, M., Muggler, C., Field, D., Hannam, J., & Uchida, Y. (2022). Soil science education: A multinational look at current perspectives. *Natural Sciences Education*, *51*(1), art. e20077. https://doi.org/10.1002/nse2.20077

Camini, N., Bachi, L., Ribeiro, S. C., & da Costa, A. M. (2025). Traditional Management Practices and Multifunctional Land-Use Systems in Tropical Landscapes: Contributions to Ecosystem Services and Food System Resilience. *Current Landscape Ecology Reports*, *10*(1), art. 4. https://doi.org/10.1007/s40823-025-00107-x

Coeugnet, P., Labatut, J., Duval, J., & Vourc'h, G. (2023). Including citizens through co-design in a participatory research project to explore innovative agro-food systems: the case of future dairy livestock systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, art. 1098295. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1098295

Coleman, B., Bunch, J. C., & Roberts, T. G. (2024). Experiential learning in agricultural education: A philosophical discussion. *Journal of Agricultural Education*, *65*(1), 283-302. https://doi.org/10.5032/jae.v65i1.2479

Coolsaet, B. (2016). Towards an agroecology of knowledges: Recognition, cognitive justice and farmers' autonomy in France. *Journal of Rural Studies*, *47*(Part A), 165-171. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.07.012

Cui, R., & Teo, P. (2023). Thinking through talk: Using dialogue to develop students' critical thinking. *Teaching and Teacher Education*, *125*, art. 104068. https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104068

Delgado-Aguilar, M. J., Hinojosa, L., & Schmitt, C. B. (2019). Combining remote sensing techniques and participatory mapping to understand the relations between forest degradation and ecosystems services in a tropical rainforest. *Applied Geography*, *104*, 65-74. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.003

Dumitru, D. (2021). Critical Thinking, Moral Courage, and Sustainable Development Goals. Universities as a Driving Force for Societal Change. En W. Leal Filho, A. L. Salvia, L. Brandli, U. M. Azeiteiro & R. Pretorius (Eds.), *Universities, Sustainability and Society: Supporting the Implementation of the Sustainable Development Goals* (pp. 171-179). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63399-8_12

Field, D. J., Koppi, A. J., Jarrett, L. E., Abbott, L. K., Cattle, S. R., Grant, C. D., McBratney, A. B., Menzies, N. W., & Weatherley, A. J. (2011). Soil Science teaching principles. *Geoderma*, *167-168*, 9-14. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.017

Field, D. J., Yates, D., Koppi, A. J., McBratney, A. B., & Jarret, L. (2017). Framing a modern context of soil science learning and teaching. *Geoderma*, *289*, 117-123. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.034

Gray, L. C., & Morant, P. (2003). Reconciling indigenous knowledge with scientific assessment of soil fertility changes in southwestern Burkina Faso. *Geoderma*, *111*(3-4), 425-437. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00275-6

Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A., & Papritz, A. (2017). Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, *69*, 224-237. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.025

Guarín, D., Martín-López, J. M., Libohova, Z., Benavides-Bolaños, J., Maximova, S. N., Guiltinan, M. J., Spargo, J., da Silva, M., Fernandez, A., & Drohan, P. (2024). Accumulation of cadmium in soils, litter and leaves in cacao farms in the North Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Geoderma Regional*, *36*, art. e00762. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00762

Hartemink, A. E., Balks, M. R., Chen, Z. S., Drohan, P., Field, D. J., Krasilnikov, P., Lowe, D. J., Rabenhorst, M., van Rees, K., Schad, P., Schipper, L. A., Sonneveld, M., & Walter, C. (2014). The joy of teaching soil science. *Geoderma*, *217-218*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.016

Hartemink, A. E., & McBratney, A. (2008). A soil science renaissance. *Geoderma*, *148*(2), 123-129. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.10.006

Hualpa, G., Carrión-Paladines, V., Jiménez, W., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Fierro, N., & Jiménez, L. (2025). Farmers' Indigenous Knowledge of Soil Management in an Altitudinal Gradient in Southern Ecuador. *Sustainability*, *17*(11), art. 4983. https://doi.org/10.3390/su17114983

Hurni, H., Giger, M., Liniger, H., Mekdaschi Studer, R., Messerli, P., Portner, B., Schwilch, G., Wolfgramm, B., & Breu, T. (2015). Soils, agriculture and food security: The interplay between ecosystem functioning and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *15*, 25-34. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.07.009

Issoufou, A. A., Soumana, I., Maman, G., Konate, S., & Mahamane, A. (2020). Dynamic relationship of traditional soil restoration practices and climate change adaptation in semi-arid Niger. *Heliyon*, *6*(1), art. e03265. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03265

Jiménez, L., Jiménez, W., Ayala, N., Quichimbo, P., Fierro, N., & Capa-Mora, D. (2024). Exploring ethnopedology in the Ecuadorian Andean highlands: A local farmer perspective of soil indicators and management. *Geoderma Regional*, *36*, art. e00755. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00755

Jordan, N. R., Bawden, R. J., & Bergmann, L. (2008). Pedagogy for Addressing the Worldview Challenge in Sustainable Development of Agriculture. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, *37*(1), 92-99. https://doi.org/10.2134/jnrlse2008.37192x

Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Cerdà, A., Montanarella, L., Quinton, J. N., Pachepsky, Y., Van Der Putten, W. H., Bardgett, R. D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B., & Fresco, L. O. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, *2*(2), 111-128. https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016

Kizys, D. N., Lotter, C., Perez, L., Gilreath, R., & Limberg, D. (2025). Integrating community assets, place-based learning, and career development through project-based learning in rural settings. *Frontiers in Education*, *10*, art. 1577093. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1577093

Klein, A. O., Carlisle, L., Lloyd, M. G., Sayre, N. F., & Bowles, T. M. (2024). Understanding farmer knowledge of soil and soil management: a case study of 13 organic farms in an agricultural landscape of northern California. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, *48*(1), 17-49. https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2270451

Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, *32*(1), 25-48. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003

Koch, A., McBratney, A., Adams, M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., Minasny, B., Lal, R., Abbott, L., O'Donnell, A., Angers, D., Baldock, J., Barbier, E., Binkley, D., Parton, W., Wall, D. H., Bird, M., Bouma, J., Chenu, C., & Zimmermann, M. (2013). Soil Security: Solving the Global Soil Crisis. *Global Policy*, *4*(4), 434-441. https://doi.org/10.1111/1758-5899.12096

Krasilnikov, P. V., & Tabor, J. A. (2003). Perspectives on utilitarian ethnopedology. *Geoderma*, *111*(3-4), 197-215. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00263-X

Laekemariam, F., Kibret, K., & Mamo, T. (2017). Farmers' soil knowledge, fertility management logic and its linkage with scientifically analyzed soil properties in southern Ethiopia. *Agriculture and Food Security*, *6*(1), art. 57. https://doi.org/10.1186/s40066-017-0138-0

Lal, R., Bouma, J., Brevik, E., Dawson, L., Field, D. J., Glaser, B., Hatano, R., Hartemink, A. E., Kosaki, T., Lascelles, B., Monger, C., Muggler, C., Ndzana, G. M., Norra, S., Pan, X., Paradelo, R., Reyes-Sánchez, L. B., Sandén, T., Singh, B. R., … Zhang, J. (2021). Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. *Geoderma Regional*, *25*, art. e00398. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398

Llanes-Ortiz, G. (2020). La Academia como Territorio: Reflexiones sobre Epistemologías Indígenas e Investigación. *Revista Científica Internacional CUHSO*, *30*(1), 203-220. https://doi.org/10.7770/cuhso-v30n1-art2230

Loboguerrero, A. M., Boshell, F., León, G., Martinez-Baron, D., Giraldo, D., Recaman Mejía, L., Díaz, E., & Cock, J. (2018). Bridging the gap between climate science and farmers in Colombia. *Climate Risk Management*, *22*, 67-81. https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.08.001

López-Carmona, D., Zuñiga, F. B., & Bautista-Hernández, D. A. (2023). Identification of soil properties associated with the peasant perception of the suitability of the land for growing organic coffee: the case of traditional agriculture in the "Mixteca Alta" mountains of Oaxaca, México. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, *48*(2), 161-182. https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2280770

Luján Soto, R., Cuéllar Padilla, M., & de Vente, J. (2020). Participatory selection of soil quality indicators for monitoring the impacts of regenerative agriculture on ecosystem services. *Ecosystem Services*, *45*, art. 101157. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101157

Macaspac, A., & Prudente, M. S. (2025). Science Teachers' Dialogic Practices in Senior High School STEM Science Classrooms. *International Journal of Instruction*, *18*(4), 199-214. https://doi.org/10.29333/iji.2025.18411a

Madin, M., Nelson, K., Sanderson, M., & Moley, L. (2025). A synthesis of factors influencing sustainable agriculture practices adoption among rural farmers: A scoping review. *Journal of Rural Studies*, *120*, art. 103853. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2025.103853

Marchant Santiago, C., Rodríguez Díaz, P., Morales-Salinas, L., Paz Betancourt, L., & Ortega Fernández, L. (2021). Practices and Strategies for Adaptation to Climate Variability in Family Farming. An Analysis of Cases of Rural Communities in the Andes Mountains of Colombia and Chile. *Agriculture*, *11*(11), art. 1096. https://doi.org/10.3390/agriculture11111096

Maughan, C., & Anderson, C. R. (2023). "A shared human endeavor": farmer participation and knowledge co-production in agroecological research. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, art. 1162658. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1162658

Meek, D., & Tarlau, R. (2016). Critical food systems education (CFSE): educating for food sovereignty. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, *40*(3), 237-260. https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1130764

Millner, N. (2023). Experiments *in Situ*: Soil Repair Practices as Part of Place-Based Action for Change in El Salvador. En D. Papadopoulos, M. Puig de la Bellacasa & M. Tacchetti (Eds.), *Ecological Reparation. Repair, Remediation and Resurgence in Social and Environmental Conflict* (pp. 19-36). Bristol University Press. https://doi.org/10.51952/9781529239560.ch001

Neaman, A., Stange, C., Zabel, S., Minkina, T. M., Yáñez, C., Burnham, E., & Otto, S. (2021). Teaching soil science: The impact of laboratory and field components on the knowledge and attitude toward soil. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, *45*, art. e0210040. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210040

O'Donnell, M., Collier, M., Pineda-Pinto, M., Cooper, C., Nulty, F., & Castañeda, N. R. (2025). Redefining co-design for social-ecological research and practice: A systematic literature review. *Environmental Science and Policy*, *164*, art. 103998. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.103998

Ordoñez, M. C., Galicia, L., Figueroa, A., Bravo, I., & Peña, M. (2015). Effects of peasant and indigenous soil management practices on the biogeochemical properties and carbon storage services of Andean soils of Colombia. *European Journal of Soil Biology*, *71*, 28-36. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.10.001

Ortiz Solorio, C. A., & Gutiérrez Castorena, M. del C. (2022). Etnoedafología mexicana: 43 años de experiencia. *Ciencia Nicolaita*, (83), 137-152. https://doi.org/10.35830/cn.vi83.567

Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. del C., Toxqui-Roldán, J. L., & Pérez-Rodríguez, G. (2026). Four decades of ethnopedology in Mexico: Methodological evolution, scientific validation, and expanding applications (1980-2025). *Geoderma Regional*, *45*, art. e01090. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2026.e01090

Padawer, A. (2022). "Un producto que acá no hay": traducciones entre ingenieros y mecánicos en el diseño de una prensa para una cooperativa de productores de mandioca. *Revista Tecnologia e Sociedade*, *18*(51), 19-42. https://doi.org/10.3895/rts.v18n51.14844

Parr, D. M., & Trexler, C. J. (2011). Students' Experiential Learning and Use of Student Farms in Sustainable Agriculture Education. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, *40*(1), 172-180. https://doi.org/10.4195/jnrlse.2009.0047u

Peña-Venegas, C. P., Stomph, T. J., Verschoor, G., Echeverri, J. A., & Struik, P. C. (2016). Classification and Use of Natural and Anthropogenic Soils by Indigenous Communities of the upper Amazon Region of Colombia. *Human Ecology*, *44*(1), 1-15. https://doi.org/10.1007/s10745-015-9793-6

Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., & Brevik, E. C. (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, *5*, 7-13. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003

Pérez-Rodríguez, G., Ortiz-Solorio, C. A., & Gutiérrez-Castorena, M. del C. (2023). Ethnopedology, its evolution and perspectives in soil security: A review. *Soil Security*, *13*, art. 100121. https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100121

Petresin, T., Shujauddin, N., Annis, A., Drapeau, V., & Haines, J. (2025). Co-designing interventions to increase food access: perceptions and experiences of community member end-users. *Research Involvement and Engagement*, *11*(1), art. 117. https://doi.org/10.1186/s40900-025-00788-y

Picado, H. V. (2024). Manejo cultural en prácticas agroproductivas ecológicas, los casos de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. *Mercator*, *23*, 1-14. https://doi.org/10.4215/rm2024.e23034

Pincus, L., Ballard, H., Harris, E., & Scow, K. (2018). Seeing below the surface: making soil processes visible to Ugandan smallholder farmers through a constructivist and experiential extension approach. *Agriculture and Human Values*, *35*(2), 425-440. https://doi.org/10.1007/s10460-017-9836-2

Postigo, J. C., & Valdez, L. S. (2022). The Sociocultural Construction of Soil among Communities of the Bolivian Altiplano: Potential for Supporting Transitions to Sustainability. *Mountain Research and Development*, *42*(4), V1-V10. https://doi.org/10.1659/mrd.2022.00015

Prokopy, L. S., Floress, K., Klotthor-Weinkauf, D., & Baumgart-Getz, A. (2008). Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, *63*(5), 300-311. https://doi.org/10.2489/jswc.63.5.300

Ramirez-Gomez, S. O. I., Brown, G., Verweij, P. A., & Boot, R. (2016). Participatory mapping to identify indigenous community use zones: Implications for conservation planning in southern Suriname. *Journal for Nature Conservation*, *29*, 69-78. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.11.004

Rivera-Ferre, M. G., Gallar, D., Calle-Collado, Á., & Pimentel, V. (2021). Agroecological education for food sovereignty: Insights from formal and non-formal spheres in Brazil and Spain. *Journal of Rural Studies*, *88*, 138-148. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.003

Roca Vallejo, R., Krzywoszynska, A., Katikas, L., Naciph Mora, K., Husseini, M., Rodrigues, S. M., van de Logt, R., Johnson, K., Vrščaj, B., Ramezzano, C., Črnec, K., & Ballstaedt, A. (2025). Assessment of Knowledge Gaps Related to Soil Literacy. *Land*, *14*(7), art. 1372. https://doi.org/10.3390/land14071372

Saito, K., Linquist, B., Keobualapha, B., Shiraiwa, T., & Horie, T. (2006). Farmers' knowledge of soils in relation to cropping practices: A case study of farmers in upland rice based slash-and-burn systems of northern Laos. *Geoderma*, *136*(1-2), 64-74. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.02.003

Schwartz, C., Klebl, F., Ungaro, F., Bellingrath-Kimura, S. D., & Piorr, A. (2022). Comparing participatory mapping and a spatial biophysical assessment of ecosystem service cold spots in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, *145*, art. 109700. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109700

Son, H. N., Kingsbury, A., & Hoa, H. T. (2021). Indigenous knowledge and the enhancement of community resilience to climate change in the Northern Mountainous Region of Vietnam. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, *45*(4), 499-522. https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1829777

Spies, M., Alff, H., Zakirova, A., & Zuberi, M. (2025). Cultivating knowledge for farming futures: insights from participatory stakeholder workshops in Central and South Asia. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 1-25. https://doi.org/10.1080/1389224X.2025.2573495

Stoate, C., Jones, S., Crotty, F., Morris, C., & Seymur, S. (2019). Participatory research approaches to integrating scientific and farmer knowledge of soil to meet multiple objectives in the English East Midlands. *Soil Use and Management*, *35*(1), 150-159. https://doi.org/10.1111/sum.12488

Taddei Salinas, M. L. (2017). Los suelos agrícolas y el saber campesino, ¿es posible una perspectiva intercultural? Etnopedología en el valle de El Bolsón. *Mundo de Antes*, *11*, 247-269. https://doi.org/10.59516/mda.v11.73

Tengö, M., Brondizio, E. S., Elmqvist, T., Malmer, P., & Spierenburg, M. J. (2014). Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance: The Multiple Evidence Base Approach. *Ambio*, *43*, 579-591. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3

Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, *20*(11), 3313-3328. https://doi.org/10.1111/gcb.12581

Vanek, S. J., & Drinkwater, L. E. (2019). Integrating scientific and local soils knowledge to examine options by context interactions for phosphorus addition to legumes in an Andean agroecosystem. *Experimental Agriculture*, *55*(S1), 145-168. https://doi.org/10.1017/S0014479716000478

Vanino, S., Pirelli, T., Di Bene, C., Bøe, F., Castanheira, N., Chenu, C., Cornu, S., Feiza, V., Fornara, D., Heller, O., Kasparinskis, R., Keesstra, S., Lasorella, M. V., Madenoğlu, S., Meurer, K. H. E., O'Sullivan, L., Peter, N., Piccini, C., Siebielec, G., … Farina, R. (2023). Barriers and opportunities of soil knowledge to address soil challenges: Stakeholders' perspectives across Europe. *Journal of Environmental Management*, *325*(Part B), art. 116581. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116581

Wawire, A. W., Csorba, Á., Kovács, E., Mairura, F. S., Tóth, J. A., & Michéli, E. (2021). Comparing farmers' soil fertility knowledge systems and scientific assessment in Upper Eastern Kenya. *Geoderma*, *396*, art. 115090. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115090

WinklerPrins, A. M. G. A., & Barrera-Bassols, N. (2004). Latin American ethnopedology: A vision of its past, present, and future. *Agriculture and Human Values*, *21*, 139-156. https://doi.org/10.1023/B:AHUM.0000029405.37237.c8

Yageta, Y., Osbahr, H., Morimoto, Y., & Clark, J. (2019). Comparing farmers' qualitative evaluation of soil fertility with quantitative soil fertility indicators in Kitui County, Kenya. *Geoderma*, *344*, 153-163. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.019

Zapata-Muñoz, J., Morales-Belpaire, I., & Pacheco, L. F. (2022). Relationships between local soil classification and parametric suitability indexes in a community of colonizers in the Alto Beni region of Bolivia. *Human Ecology*, *50*, 1063-1073. https://doi.org/10.1007/s10745-022-00346-0