

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i4.1821>

Análisis exploratorio multivariante regional del uso del suelo agropecuario en el Ecuador

Regional multivariate exploratory analysis of agricultural land use in Ecuador

Carvajal Chavez Carlos Arturo
ccarvajal@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2781-6953>
Universidad Agraria del Ecuador

Artículo recibido: 18 noviembre 2025 -Aceptado para publicación: 28 diciembre 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El uso del suelo constituye una de las dimensiones más críticas en la planificación territorial, el desarrollo agrícola y la conservación ambiental. En contextos como el ecuatoriano, caracterizado por una alta heterogeneidad geográfica y socioeconómica, el análisis del uso del suelo permite no solo identificar patrones productivos y ecológicos diferenciados, sino también orientar políticas públicas hacia un desarrollo más sostenible, equitativo y eficiente. El presente trabajo busca realizar una exploración de la información del uso de suelo agropecuario del Ecuador, usando como fuente de datos la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continúa, publicada por el INEC en el periodo 2024, a través de un análisis multivariante de componentes principales y uso de método Biplot. Los resultados obtenidos lograron extraer el 66.9% de la varianza explicada de los dos primeros componentes, se definieron 2 patrones de estructura latentes entre las variables medias (Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos) y (Pastos Naturales y Páramos), además estas relaciones permitieron determinar en territorio como se representan estas relaciones. Los hallazgos permiten aportar en la toma de decisiones en el área agrícola, y deja una brecha para futuras investigaciones profundicen en estructuras más complejas.

Palabras claves: uso de suelo, toma de decisiones, ESPAC, multivariante, PCA, BIplot

ABSTRACT

Land use is one of the most critical dimensions in territorial planning, agricultural development, and environmental conservation. In contexts such as Ecuador, characterized by high geographic and socioeconomic heterogeneity, land-use analysis not only makes it possible to identify differentiated productive and ecological patterns but also to guide public policies toward more sustainable, equitable, and efficient development. This study aims to explore information on agricultural land use in Ecuador, using data from the Continuous Agricultural Surface and

Production Survey (ESPAC), published by INEC for the year 2024. A multivariate analysis was carried out using Principal Component Analysis (PCA) and the Biplot method. The results extracted 66.9% of the explained variance from the first two components and identified two latent structural patterns among the average variables: (Permanent Crops, Temporary Crops and Fallow, Rest, Cultivated Pastures, and Other Uses) and (Natural Pastures and Páramo). These relationships also made it possible to determine how these patterns are represented territorially. The findings contribute to decision-making in the agricultural sector and open a gap for future research to delve into more complex structures.

Keywords: land use, decision-making, ESPAC, multivariate analysis, PCA, Biplot

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

El uso del suelo constituye una de las dimensiones más críticas en la planificación territorial, el desarrollo agrícola y la conservación ambiental(ODS, 2025). En contextos como el ecuatoriano, caracterizado por una alta heterogeneidad geográfica, ecosistémica y socioeconómica, el análisis del uso del suelo permite no solo identificar patrones productivos y ecológicos diferenciados, sino también orientar políticas públicas hacia un desarrollo más sostenible, equitativo y eficiente. La superficie destinada a cultivos, pastizales, bosques o barbechos refleja decisiones complejas vinculadas a factores agroclimáticos, históricos, institucionales y tecnológicos, cuya comprensión integral requiere herramientas analíticas robustas.

En este marco, el análisis multivariante, en particular los métodos basados en componentes principales y técnicas de representación biplot, ofrece una perspectiva valiosa para explorar relaciones latentes entre variables del uso del suelo y para identificar agrupaciones territoriales que comparten perfiles similares. Estas técnicas permiten visualizar la estructura de datos complejos y capturar patrones de variabilidad espacial que no son evidentes mediante enfoques univariados o puramente descriptivos.

Para Li et al. (2025)menciona que la aplicación en análisis multivariante, sobre estudios sobre uso del suelo en Ecuador, aún presenta limitaciones significativas. Varios estudios se concentran en escalas locales o microregionales, como la planificación de suelos en áreas rurales específicas (Rämö et al., 2024), o el impacto de actividades productivas en coberturas naturales. Si bien estos trabajos ofrecen insumos valiosos, tienden a fragmentar el análisis, sin construir una visión sistémica del mosaico territorial nacional (Yurco & Clay, 2025).

En este sentido, Khangar & Mohanasundari (2025), informa que las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG), aplicados a la clasificación de coberturas o monitoreo de cambios de uso, tanto Abdela et al. (2024) y Chen (2025), mencionan que sin incorporar técnicas multivariantes que permitan explorar correlaciones entre variables sociales, biofísicas y ecológicas. La mayoría de investigaciones se limita a enfoques unidimensionales o temporales, sin representar gráficamente agrupaciones territoriales ni dinámicas espaciales mediante biplots o clústeres [1], [4].

Además, es escasa la integración de variables socioeconómicas o institucionales que complementen la dimensión biofísica del uso del suelo. Solo algunos estudios consideran factores como pobreza (Kanosvamhira et al., 2025), tenencia de la tierra o presión demográfica, y lo hacen de forma marginal. Tampoco se evidencian trabajos que relacionen los patrones de uso del suelo con procesos emergentes como el cambio climático, la transición agroecológica o el diseño de instrumentos de ordenamiento territorial con base en evidencia empírica multiescalar (Bhattacharya & Sachdev, 2024; Hedden-Nicely & Kaiser, 2024; Kayal et al., 2025).

En consecuencia, se advierte una necesidad urgente de estudios que integren estadística multivariante, análisis espacial y datos multidimensionales para comprender la complejidad del uso del suelo en Ecuador (Karner et al., 2024). Esta brecha investigativa limita el diseño de políticas de planificación territorial que respondan con pertinencia a los desafíos contemporáneos de sostenibilidad, seguridad alimentaria, conservación ambiental y resiliencia socioecológica (Erkuş-Öztürk et al., 2024).

El presente documento tiene la siguiente estructura: Sección 2, implicaciones de la encuesta Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Sección 3, metodología, presenta el tipo de investigación, el modelo y técnicas cuantitativas para el análisis de los datos. Sección 4, resultados, presenta un análisis de la tendencia y distribución de los datos, además se realiza un análisis multivariante por componentes principales a través del método biplot. Sección 5, discusión, se analiza los resultados obtenidos por el modelo biplot y la validación correspondiente de la hipótesis planteada. Sección 6, Conclusiones, presenta los principales hallazgos del presente trabajo. Además, se señalan las oportunidades y líneas potenciales para futuras investigaciones.

Implicaciones de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) (INEC, 2025), desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del Ecuador, constituye un instrumento estadístico fundamental para el monitoreo sistemático y actualizado del sector agropecuario a escala nacional. En su edición correspondiente al año fiscal 2024, esta operación se alinea con estándares metodológicos internacionales como los propuestos por la FAO, el Banco Mundial y el sistema AGRISurvey, con el objetivo de garantizar una producción de datos agropecuarios confiable, oportuna y pertinente para la toma de decisiones en políticas públicas, investigación, y planificación estratégica sectorial. Importancia del sector agropecuario y necesidad de la encuesta

La relevancia de la ESPAC radica en el papel estratégico del sector agropecuario ecuatoriano, el cual representa cerca del 7,7% del PIB nacional y proporciona empleo directo al 30% de la población económicamente activa, según datos del año 2024. Este sector no solo asegura la soberanía alimentaria, sino que también genera divisas mediante la exportación de productos agrícolas y pecuarios tradicionales y no tradicionales. Dado el dinamismo del entorno productivo rural y las crecientes demandas de información para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el levantamiento de datos mediante encuestas continuas como la ESPAC permite llenar vacíos estadísticos, generar indicadores innovadores y mejorar la planificación del desarrollo rural.

Marco metodológico y diseño estadístico

La ESPAC 2024 está estructurada según un enfoque de producción estadística moderna basado en cinco fases: planificación, recolección, procesamiento, análisis y difusión de resultados. Para el diseño muestral se implementa una estrategia de marcos múltiples (Multiple

Frame Sampling), combinando el Marco de Áreas y el Marco de Lista. Esta combinación permite mejorar la cobertura de unidades de observación y aumentar la precisión de las estimaciones.

Cobertura, operatividad y alcance

La encuesta tiene cobertura nacional, excluyendo únicamente zonas urbanas densamente pobladas y la provincia de Galápagos. El universo está compuesto por toda la superficie continental con actividades agropecuarias, y su unidad de análisis es el terreno productivo. La recolección de datos se realiza anualmente durante el último cuatrimestre del año, mediante el uso de ortofotos, GPS y cuestionarios estructurados, supervisados mediante un sistema de monitoreo técnico y operativo en campo.

El cuestionario incluye módulos principales (superficie, producción, empleo, manejo de ganado y cultivos) y módulos rotativos asociados a variables económicas, sociales y medioambientales, según el modelo propuesto por AGRISurvey. Este enfoque modular permite ampliar el espectro temático y responder a demandas específicas de información sectorial y territorial.

Implicaciones para políticas públicas e investigación

Los datos generados por la ESPAC son utilizados por diversos organismos nacionales e internacionales, incluyendo el Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO, Banco Central del Ecuador, Superintendencias, academia y medios de comunicación. Entre sus aplicaciones más relevantes se encuentran la planificación agrícola, evaluación del uso de fertilizantes, identificación de patrones de siembra, monitoreo del empleo rural, caracterización de la agricultura familiar campesina y análisis del impacto ambiental de la producción.

Este enfoque estadístico riguroso permite al Ecuador disponer de una herramienta técnica de alto nivel para la formulación de políticas sostenibles, la medición de los ODS y la generación de evidencia empírica que soporte el desarrollo integral del sector agropecuario.

Por lo tanto, el presente trabajo busca aplicar una técnica multivariante basado en el análisis de componentes principales, planteando la siguiente hipótesis:

H1: El modelo multivariante biplot permitirá explorar el uso del suelo en las regiones en el Ecuador a partir de los resultados de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)

En el contexto de nuestra investigación, la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), proporciona información detallada y actualizada sobre las características de uso del suelo, entre otros aspectos. Esta información, de naturaleza multivariante y altamente estructurada, requiere de herramientas estadísticas que permitan su análisis integral y visualización simultánea de múltiples variables.

En este sentido, el modelo multivariante biplot se presenta como una técnica estadística adecuada para la exploración de estructuras internas en los datos agropecuarios recolectados por la ESPAC. El biplot, basado en técnicas de reducción de dimensión como el Análisis de

Componentes Principales (ACP), permite representar simultáneamente observaciones (regiones o provincias) y variables (como tipos de uso del suelo, superficie sembrada, producción por cultivo, etc.) en un espacio bidimensional. Esta capacidad resulta especialmente valiosa cuando se busca identificar patrones regionales, asociaciones entre variables agro productivas y similitudes o diferencias en las prácticas de uso del suelo.

Aplicar el modelo biplot sobre los datos de la ESPAC permitirá explorar visualmente la diversidad del uso del suelo entre regiones, detectar gradientes agroecológicos o productivos, y facilitar la identificación de regiones con perfiles agropecuarios similares o contrastantes. Además, el análisis podrá contribuir a comprender cómo se relacionan las variables agrarias con factores geográficos, que afectan la gestión territorial y la planificación rural.

Esta estrategia multivariante no solo optimiza la interpretación de matrices complejas de datos, sino que también aporta evidencia empírica robusta para apoyar decisiones de política pública, ordenamiento territorial y sostenibilidad en el sector agropecuario. Por tanto, el uso del modelo biplot en este estudio se justifica plenamente como una herramienta exploratoria potente, complementaria a los objetivos de la ESPAC y alineada con los principios de análisis estadístico multivariado en contextos agroecológicos complejos.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el presente trabajo es de corte no experimental, exploratorio, multivariante que describe los patrones del uso del suelo agrícola del Ecuador acorde a la información proporcionada por la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua y aplicando el método biplot.

Selección de la fuente de los datos

El uso de los datos de la encuesta ESPAC, garantiza que el presente trabajo mantenga una integridad en el acceso a la información, al ser una fuente de acceso público, su contenido no puede ser alterado por el investigador. para el uso del suelo en el Ecuador, la encuesta establece las variables definidas en la siguiente tabla:

Tabla 1

Variables definidas

ID	Variables	Descripción
V1	Cultivos Permanentes	Superficie destinada a cultivos que permanecen más de un año en el terreno sin necesidad de replantación tras cada cosecha, como café, banano o cacao.
V2	Cultivos Transitorios y Barbecho	Áreas usadas para cultivos de ciclo corto (menor a un año) y terrenos en barbecho o preparación entre ciclos agrícolas.
V3	Descanso	Terrenos que no reciben ningún tipo de cultivo ni uso productivo durante el año agrícola, generalmente para recuperación de la fertilidad.

V4	Pastos	Cultivados	Superficie sembrada con especies forrajeras seleccionadas y manejadas por el productor para alimentar ganado.
V5	Pastos Naturales		Terrenos cubiertos por vegetación espontánea utilizada para el pastoreo sin intervención directa del productor en su establecimiento.
V6	Páramos		Ecosistemas de alta montaña caracterizados por vegetación herbácea nativa, usados ocasionalmente para pastoreo extensivo.
V7	Montes y Bosques	Montes y Bosques:	Áreas cubiertas por vegetación arbórea o arbustiva, naturales o reforestadas, sin uso agrícola directo.
V8	Otros Usos		Superficies utilizadas para infraestructura, vivienda rural, caminos internos, cuerpos de agua u otros fines no agrícolas ni pecuarios.

Análisis exploratorio multivariante

El análisis exploratorio del uso de suelo agrícola en el Ecuador aplico el método multivariante Biplot, desarrollando el siguiente flujo de trabajo:

1. Se descargo del sitio oficial del INEC, los resultados de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) y se diseño un conjunto de datos con los datos de uso de suelo
2. Se elaboro un código en lenguaje R versión 4.5.2, y con el uso de las librerías factoextra, FactoMineR, corrplot y psych.
3. Se realizo un análisis descriptivo de los datos que permitió determinar la tendencia y distribución de los datos
4. Se extrajeron los componentes principales correspondiente y se realizó el análisis exploratorio correspondiente.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de las variables relacionadas con el uso del suelo revela una marcada heterogeneidad en la distribución de superficies agrícolas y naturales a nivel regional. Las variables presentan amplias diferencias en sus medidas de tendencia central y dispersión, lo cual evidencia patrones diferenciados en la ocupación del territorio por parte de las provincias ecuatorianas ver la siguiente tabla con el resultado de los principales estadísticos descriptivos.

Tabla 2*Resultados de los principales descriptivos*

Vars	Mean	sd	trimmed	mad	min	max	skew	kurtosis	se
Cultivos									
Permanentes	59394,77	86929,45	42067,59	20938,81	2345,60	309657,57	1,67	1,51	18126,04
Cultivos									
Transitorios y Barbecho									
y Barbecho	34536,68	61330,99	19661,69	12441,74	245,82	229893,13	2,20	3,51	12788,40
Descanso	7836,94	11114,82	5531,42	3522,85	205,55	51075,58	2,63	7,21	2317,60
Pastos									
Cultivados	100940,16	126338,64	76191,45	54772,94	1505,72	638006,28	3,30	11,27	26343,43
Pastos									
Naturales	29839,77	29352,38	26721,74	21543,22	551,09	93506,36	0,87	-0,69	6120,39
Páramos	9774,11	11607,89	8029,74	10962,37	0,00	39055,52	0,92	-0,15	2420,41
Montes y Bosques									
Bosques	260272,37	211366,78	237576,70	154797,20	41197,18	749633,24	0,82	-0,67	44073,02
Otros Usos	27731,26	31715,54	20969,52	15990,03	2633,36	149927,00	2,62	7,03	6613,15

La variable Montes y Bosques destaca por registrar la mayor superficie promedio (260 272,37 ha), seguida de Pastos Naturales (183 730,37 ha) y Pastos Cultivados (130 632,03 ha), lo que sugiere una fuerte presencia de cobertura vegetal en gran parte del país. En contraste, las superficies dedicadas a Descanso (7836,93 ha), Otros Usos (10 413,67 ha) y Páramos (17 065,80 ha) reflejan menor participación relativa en el uso del suelo.

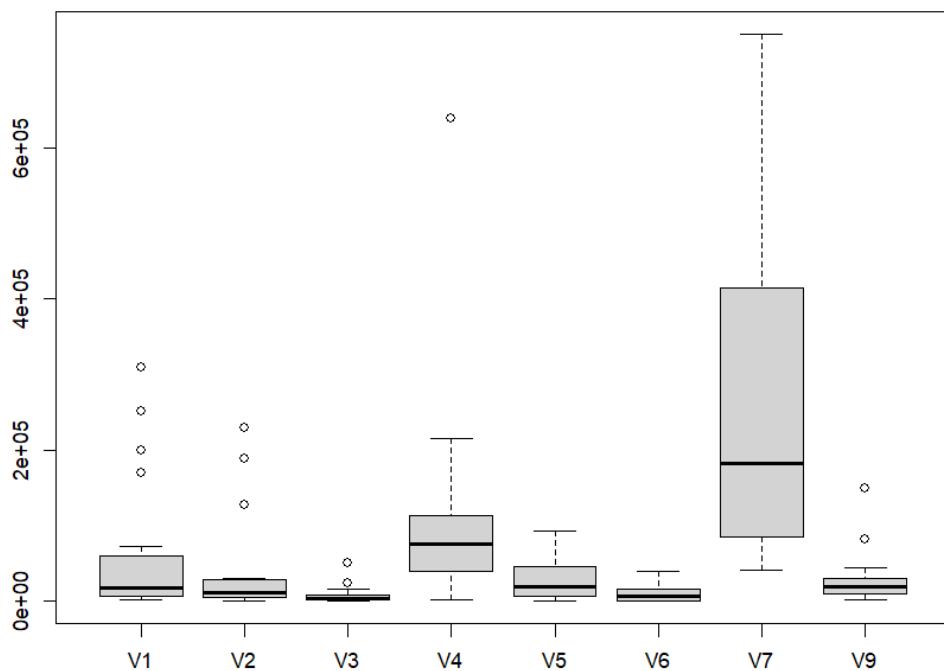
La dispersión también fue notoria. Montes y Bosques y Pastos Cultivados exhibieron desviaciones estándar elevadas (211 366,78 ha y 182 124,37 ha, respectivamente), lo cual indica diferencias significativas entre provincias. Además, el rango de valores fue particularmente amplio en variables como Pastos Cultivados (rango de 617 093 ha) y Montes y Bosques (630 698 ha), lo que sugiere la existencia de regiones con uso extensivo del suelo frente a otras con ocupación más limitada.

Los indicadores de asimetría revelaron distribuciones sesgadas hacia la derecha en variables como Pastos Cultivados (asimetría = 3,30), Descanso (2,63), Otros Usos (2,61), y Cultivos Transitorios y Barbecho (2,19), evidenciando la presencia de valores extremos altos en algunas provincias. Del mismo modo, la curtosis fue elevada en estas variables, con valores que alcanzaron 11,27 en Pastos Cultivados, lo que sugiere una alta concentración de datos cerca de la media y colas más pesadas que en una distribución normal.

Por otro lado, variables como Páramos y Montes y Bosques presentan distribuciones más simétricas y mesocúrticas, lo que puede reflejar una mayor homogeneidad en su distribución espacial. En conjunto, estos resultados permiten caracterizar el uso del suelo en el Ecuador desde una perspectiva cuantitativa, identificando patrones de concentración, dispersión y desigualdad

regional que servirán de base para análisis posteriores, en el gráfico a continuación se presenta la tendencia de la distribución de los datos.

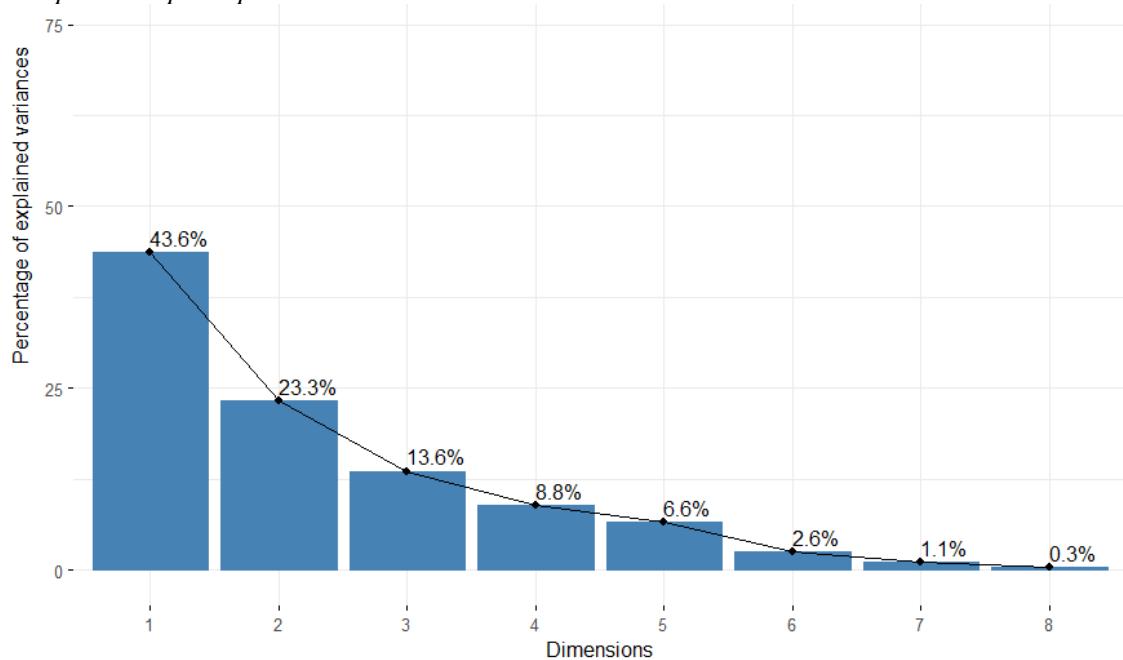
Figura 1
Tendencia de distribución de los dos datos



Análisis exploratorio multivariante

La aplicación del análisis de componentes principales Ver figura 2, permitió extraer 8 componentes, de los cuales, los dos primeros componentes concentra un 66.9% de la varianza explicada, estos componentes serán la base del presente análisis.

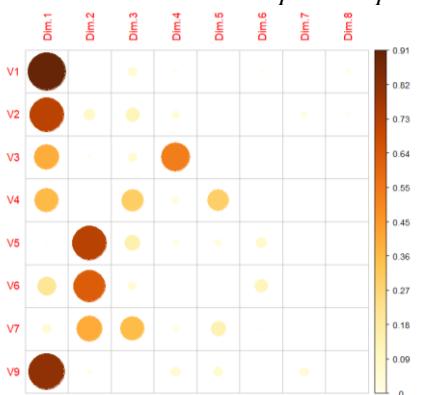
Figura 2
Componentes principales



En la Figura 3, se puede determinar a través de un gráfico de calor como aportar las variables a cada componente. Las variables: Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos, tiene una alta correlación con el primer componente, lo cual sugiere que estas categorías comparten patrones comunes de variabilidad territorial que podrían estar explicando un eje dominante de uso agropecuario intensivo o antropogénico. Las variables: Pastos Naturales, Páramos, Montes y Bosques, lo que indica que estas categorías comparten una dimensión común, posiblemente vinculada a patrones ecológicos o de conservación del territorio. Este hallazgo sugiere que el segundo componente refleja una dimensión ambiental o natural del uso del suelo en el territorio analizado.

Figura 3

Correlación de variable por componente



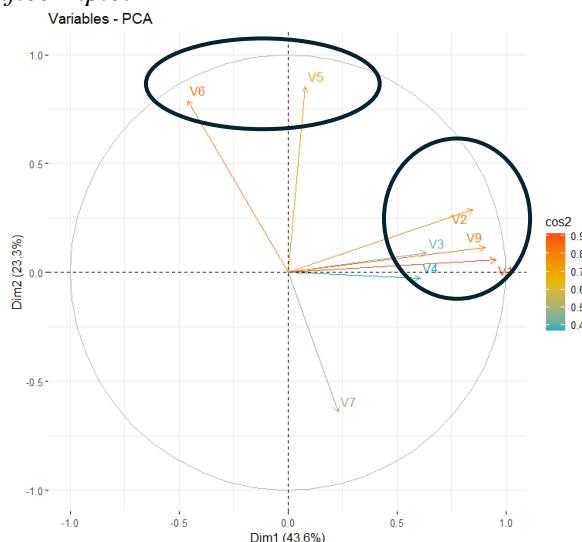
La figura 4, muestra la gráfica biplot, generada a partir del análisis de componentes principales, revela patrones claros de asociación entre diversas categorías de uso del suelo. En particular, se observa una alta correlación entre las variables Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos, las cuales se agrupan en una dirección común dentro del espacio factorial definido por los dos primeros componentes principales. Esta disposición sugiere que estas variables comparten una estructura latente común, posiblemente vinculada a usos agrícolas y productivos del territorio. La proximidad de los vectores y su orientación similar en el biplot indican que estas categorías tienden a variar conjuntamente a lo largo del primer componente, lo que refuerza su vínculo con prácticas agropecuarias intensivas o con intervención antrópica significativa. Además, la longitud de los vectores en el gráfico respalda su contribución explicativa dentro del modelo, reflejando que estas variables tienen un peso considerable en la varianza capturada por los primeros componentes.

En este mismo sentido, una segunda agrupación se encuentra una fuerte asociación entre las variables Pastos Naturales y Páramos, evidenciada por la cercanía y alineación de sus vectores en el espacio definido por los dos primeros componentes principales. Esta disposición indica que ambas categorías de uso del suelo comparten un comportamiento estructural similar dentro del conjunto de datos analizados, esta disposición indica que ambas categorías de uso del suelo comparten un comportamiento estructural similar dentro del conjunto de datos analizados.

La orientación convergente de los vectores sugiere una correlación positiva significativa, lo cual puede interpretarse como una tendencia conjunta en aquellas regiones donde predomina una cobertura vegetal de carácter extensivo y de menor intervención humana. Estas variables, típicas de zonas de alta montaña y ecosistemas frágiles, se diferencian claramente de otras categorías más asociadas a la actividad agroproductiva intensiva.

En conjunto, esta agrupación proporciona evidencia estadística de que existe una dimensión subyacente en los datos asociada al aprovechamiento agrícola del suelo, diferenciable de otros patrones territoriales o ecológicos representados por otras variables.

Figura 4
Gráfico Biplot



En la figura 5, el gráfico biplot, permite identificar una asociación significativa entre las provincias de Esmeraldas, Guayas, Los Ríos y Manabí con el primer grupo de variables analizadas: Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos. Esta relación se evidencia por la proximidad espacial de los puntos que representan estas provincias respecto a los vectores de dichas variables en el plano de los dos primeros componentes principales. Estas provincias, ubicadas en la región litoral del Ecuador, muestran un patrón de uso del suelo predominantemente agroproductivo, con fuerte presencia de cultivos tanto transitorios como permanentes, así como prácticas agrícolas intensivas. La orientación y magnitud de los vectores reflejan un comportamiento conjunto que distingue a estas zonas de otras regiones del país, caracterizándolas como núcleos de actividad agrícola diversificada, lo cual respalda la importancia estratégica de la región costera en la producción agropecuaria nacional.

Además, en la Figura 5, se visualizar una segunda relación entre las variables conformada por Pastos Naturales, Páramos, Montes y Bosques y las observaciones (provincias), conformadas por: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Pichincha y Tungurahua, que se

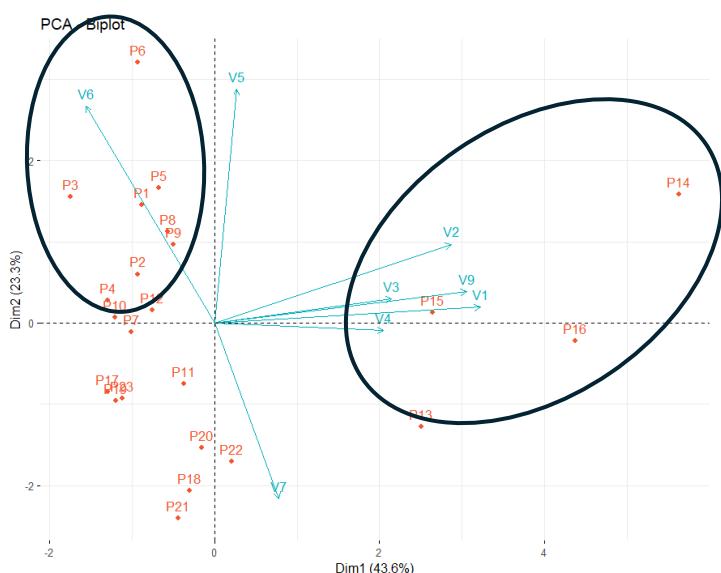
ubicaron próximas, reflejando una mayor vinculación con estos usos del suelo, probablemente asociados a condiciones topográficas y climáticas particulares de la región interandina.

Estos hallazgos reflejan una segmentación territorial en función de los patrones de uso del suelo agrícola y natural, sugiriendo la existencia de dos grandes bloques geográficos con características diferenciadas en términos de cobertura y aprovechamiento del territorio.

En conjunto, estos hallazgos reafirman la utilidad del modelo multivariante para identificar agrupamientos regionales con características de uso del suelo compartidas, permitiendo explorar de forma visual y estadística las dinámicas territoriales derivadas de los datos de la encuesta ESPAC.

Figura 5

Gráfico biplot con las observaciones



DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a través del análisis descriptivo y el análisis exploratorio multivariante permiten identificar patrones consistentes y diferenciados en el uso del suelo agrícola del Ecuador. La aplicación del método biplot, sustentado en los datos oficiales de la encuesta ESPAC, facilitó una visualización clara de las correlaciones entre variables y su expresión territorial, permitiendo extraer componentes significativos para la interpretación regional del fenómeno agrario permitiendo validar la hipótesis planteada.

En primer lugar, la alta correlación observada entre las variables Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos evidencia la existencia de un componente subyacente vinculado al uso intensivo y diversificado del suelo, asociado a prácticas agropecuarias dinámicas y de mayor intervención antrópica. Este patrón fue claramente expresado en el gráfico biplot, donde la orientación conjunta y la proximidad de los vectores señalaron una dirección dominante de variabilidad, atribuible al eje agrícola-productivo del territorio ecuatoriano.

Este comportamiento se ve reforzado por la ubicación en el plano factorial de provincias como Esmeraldas, Guayas, Los Ríos y Manabí, que mostraron una fuerte asociación con dicho grupo de variables. Estas provincias, pertenecientes a la región litoral, se caracterizan por sus condiciones climáticas favorables, su infraestructura agroexportadora y su participación histórica en la producción intensiva, lo cual explica su alineación con el componente identificado.

Por otra parte, el segundo grupo de variables, conformado por Pastos Naturales, Páramos y Montes y Bosques, mostró una estructura correlacional distinta, asociada a patrones de ocupación territorial de carácter extensivo, vinculados a ecosistemas de montaña, conservación y pastoreo de baja intervención. En el gráfico biplot, estas variables se agrupan en una dirección opuesta al primer grupo, dando cuenta de una dimensión ambiental o ecológica en el uso del suelo.

Este patrón fue reflejado espacialmente en provincias como Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Pichincha y Tungurahua, que presentan una topografía andina, condiciones climáticas particulares y presencia significativa de ecosistemas altoandinos. Estas provincias se agrupan en el espacio factorial en torno al segundo componente, confirmando su orientación hacia un modelo de uso del suelo más conservacionista o silvopastoril.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio no solo validan la utilidad del análisis biplot para identificar dimensiones latentes en datos multivariados del sector agropecuario, sino que también permiten proponer una lectura geoespacial del uso del suelo en Ecuador, diferenciando regiones con perfiles productivos intensivos de aquellas con mayor peso en ecosistemas naturales y usos extensivos. Esta segmentación territorial puede aportar a futuras políticas públicas de ordenamiento del territorio, sostenibilidad agrícola y planificación regional.

CONCLUSIONES

El análisis biplot permitió identificar patrones diferenciados en la distribución y uso del suelo agrícola a nivel provincial en Ecuador. A partir de los componentes principales, se evidenciaron dos grupos claramente definidos de variables: uno vinculado al uso intensivo del suelo (Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios y Barbecho, Descanso, Pastos Cultivados y Otros Usos), y otro asociado a un uso extensivo o natural (Pastos Naturales, Páramos, Montes y Bosques).

Las provincias con mayor correlación con el primer componente principalmente ubicadas en la región litoral reflejan una lógica productiva agroindustrial y de alta intervención humana, mientras que aquellas relacionadas con el segundo componente mayoritariamente andinas expresan una orientación hacia sistemas de uso más conservacionistas, pastoriles o con presencia de ecosistemas frágiles. Esta diferenciación territorial es coherente con las características físicas, climáticas y socioeconómicas de cada región.

En términos metodológicos, el uso del biplot no solo permitió visualizar las correlaciones entre variables, sino también interpretar la afinidad espacial de las provincias, lo cual proporciona

una herramienta valiosa para la formulación de estrategias diferenciadas de planificación territorial y uso del suelo.

Implicaciones para futuras investigaciones

Estos hallazgos abren múltiples líneas de investigación futuras. En primer lugar, sería pertinente profundizar el análisis incorporando variables adicionales como productividad, rendimiento por hectárea, tenencia de la tierra, o uso de tecnología agrícola, que podrían explicar con mayor detalle las dinámicas territoriales observadas. En este mismo sentido, futuras investigaciones podrían aplicar enfoques longitudinales para observar la evolución de estos patrones a lo largo del tiempo, o integrar datos climáticos y socioeconómicos para explorar la relación entre uso del suelo, cambio climático y vulnerabilidad agrícola.

También es recomendable replicar este análisis a nivel cantonal o parroquial, donde las dinámicas territoriales pueden presentar mayores contrastes y detalles, así como explorar modelos multivariantes más complejos como STATIS o análisis de conglomerados con validación cruzada.

Finalmente, estos resultados pueden servir de base para estudios de evaluación de políticas públicas en temas de ordenamiento territorial, transición agroecológica y conservación ambiental, promoviendo una gestión del territorio más contextualizada y sostenible.

REFERENCIAS

- Abdela, K. A., Divya, S., Mohammed, E. A., & Fantabil, A. (2024). Greenhouse Gas Emission, and Mitigation Strategies in Africa: A Systematic Review. En *Water, Air, and Soil Pollution* (Vol. 235, Número 10). <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07431-8>
- Bhattacharya, S., & Sachdev, B. K. (2024). *Sustainable land management in industry 5.0 and its impact on environment, society, and governance (ESG)* (pp. 113-132). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7322-4.ch006>
- Chen, X. (2025). The role of modern agricultural technologies in improving agricultural productivity and land use efficiency. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 16). <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1675657>
- Erkuş-Öztürk, H., Alkan, Y. S., & Tırış, G. (2024). Deliberative Democracy and Making Sustainable and Legitimate Development Plans: The Case of the Antalya Kircami Agrihood. En *Land* (Vol. 13, Número 4). <https://doi.org/10.3390/land13040447>
- Hedden-Nicely, D. R., & Kaiser, K. E. (2024). Water Governance in an Era of Climate Change: A Model to Assess the Shifting Irrigation Demand and Its Effect on Water Management in the Western United States. En *Water (Switzerland)* (Vol. 16, Número 14). <https://doi.org/10.3390/w16141963>
- INEC. (2025). *Estadísticas Agropecuarias*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Kanosvamhira, T. P., Musasa, T., & Mupepi, O. (2025). The potential for urban agriculture (UA) in Cape Town, South Africa: A suitability analysis. En *Annals of GIS* (Vol. 31, Número 1, pp. 107-122). <https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2455430>
- Karner, K., Mitter, H., Sinabell, F., & Schönhart, M. (2024). Participatory development of Shared Socioeconomic Pathways for Austria's agriculture and food systems. En *Land Use Policy* (Vol. 142). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107183>
- Kayal, P., Das, S., & Roy Chowdhury, I. R. (2025). Modeling Agricultural Land Suitability Using MCDM-AHP Techniques in Semi-arid Region of West Bengal, India. En *Springer Geography: Vol. Part F207* (pp. 657-694). https://doi.org/10.1007/978-3-031-62376-9_28
- Khangar, N. S., & Mohanasundari, T. (2025). Assessment of the environmental impacts of soybean production within fields in Madhya Pradesh: A life cycle analysis approach. En *Integrated Environmental Assessment and Management* (Vol. 21, Número 3, pp. 688-701). <https://doi.org/10.1093/intteam/vjae052>
- Li, Q., Hui, F., Wang, L., Wang, X., & Sun, L. (2025). Identification and interaction mechanism of territorial spatial conflict in oasis region based on the functional competitiveness of «Agriculture-Town-Ecology»; 基于“三类”功能竞争力的绿洲国土空间冲突识别与作

- 用机理. En *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (Vol. 41, Número 6, pp. 266-277). <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202401106>
- ODS. (2025). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. UNDP. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Rämö, J., Tzemi, D., Lehtonen, H. S., Palosuo, T., & Peltonen-Sainio, P. (2024). Improving a dynamic farm level model by coupling empirically estimated pre-crop values with crop rotation optimization. En *Agricultural and Food Science* (Vol. 33, Número 3, pp. 223-236). <https://doi.org/10.23986/afsci.144747>
- Yurco, K., & Clay, N. (2025). Cultivating care in ‘hidden places’: Sweet potatoes, gender, and resistance in Rwanda; Cultiver les soins dans les « endroits cachés »: Patates douces, genre et résistance au Rwanda. En *Critical African Studies* (Vol. 17, Número 2, pp. 159-172). <https://doi.org/10.1080/21681392.2025.2470636>