



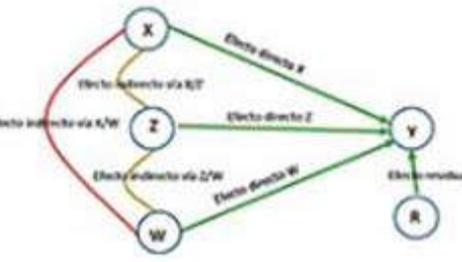
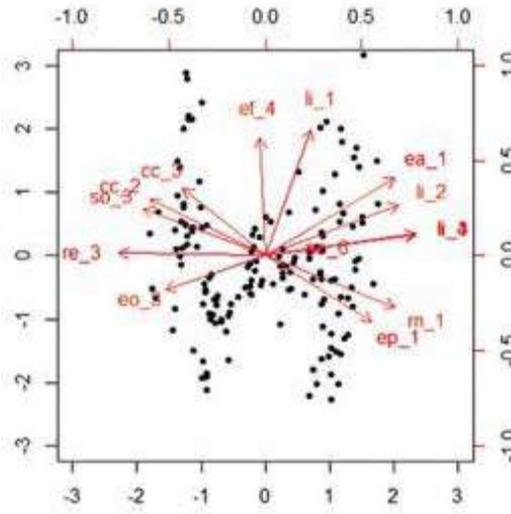
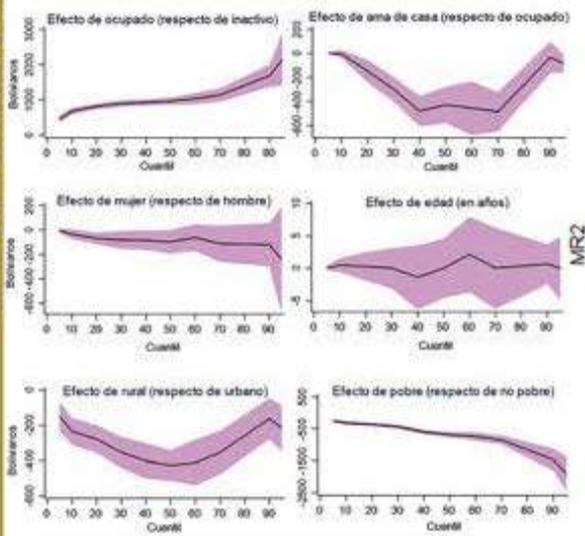
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Carrera de Estadística
 Instituto de Estadística Teórica y Aplicada

Varianza N° 24

Revista del Instituto de Estadística Teórica y Aplicada

ISSN 2789-3510

VARIANZA N° 24 - OCTUBRE DE 2024



$$\begin{aligned}
 &= E[(x - \mu)^2] \\
 &= E[x^2 - 2x\mu + \mu^2] \\
 &= E[x^2] - 2\mu E[x] + \mu^2 \\
 &= E[x^2] - \mu^2 + \mu^2 \\
 &= E[x^2] - E[x]^2
 \end{aligned}$$

FMIA
 FCPN
 CARRERA
 ESTADÍSTICA

IETA
 Instituto de Estadística
 Teórica y Aplicada



Varianza

Revista de Investigación Científica del
Instituto de Estadística Teórica y Aplicada

Número 24
Octubre, 2024
La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Carrera de Estadística
Instituto de Estadística Teórica y Aplicada (I.E.T.A.)

ISSN 2789-3510 VERSIÓN IMPRESA
ISSN 2789-3529 VERSIÓN EN LÍNEA

DEPÓSITO LEGAL
4-1-285-2021 P.O.

REVISTA VARIANZA
Nº 24 - Octubre, 2024

DIRECTOR CARRERA DE ESTADÍSTICA
M. Sc. Juan Carlos Flores López

DIRECTOR INSTITUTO DE ESTADÍSTICA TEÓRICA Y APLICADA
Dr(c) Ramiro Coa Clemente

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO
M. Zulema Vargas Cerrudo

Los artículos presentados son entera responsabilidad de los autores

VISIBILIDAD: REVISTAS BOLIVIANAS



La Paz - Bolivia
Edificio Bloque FCPN - Campus Cota Cota
Teléfonos: 2612824 -2612844
Email: ieta@umsa.bo
Página web: <https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza>

COMITÉ EDITORIAL

EDITOR

Ramiro Coa Clemente, Dr(c)

(Estadístico, Demógrafo)

Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Estadística

Director del Instituto de Estadística Teórica y Aplicada

La Paz, Bolivia

E-mail: rcoa@fcpn.edu.bo

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Lizbeth Román Padilla, Ph.D.

(Estadístico)

Universidad Anáhuac (Norte)

Ciudad de México, México

E-mail: lizroman@hotmail.com

Yolanda M. Gómez Olmos, Dra.

(Estadístico)

Universidad de Atacama

Atacama, Chile

E-mail: yolanda.gomez@uda.cl

Omar Chocotea Poca, Dr.

(Estadístico)

Universidad de Santiago de Chile

Santiago, Chile

E-mail: omar.chocotea@usach.cl

Luz Mery González García, Ph.D.

(Estadístico)

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

E-mail: lgonzalezg@unal.edu.co

Martha Patricia Bohorquez Castañeda, Ph.D.

(Estadístico)

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

E-mail: mpbohorquezc@unal.edu.co

Adriana D'Amelio, Mg.

(Estadístico)

Universidad Nacional de Cuyo

Mendoza, Argentina

E-mail: estat06@hotmail.com

COMITÉ CIENTÍFICO NACIONAL

María Eugenia Aparicio Torrico, M.Sc.

(Economista)

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho UAJMS

Tarija – Bolivia

E-mail: apariciouajms@gmail.com

Arminda Flora Casso Lisarazu, M.Sc.

(Economista)

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho UAJMS

Tarija – Bolivia

E-mail: armindacasso@gmail.com

PRESENTACIÓN

Una vez más, el Instituto de Estadística Teórica y Aplicada (IETA), dependiente de la Carrera de Estadística de la Universidad Mayor de San Andrés, tiene el agrado de compartir con la población en general y en particular con el mundo académico la edición N° 24 de la Revista Científica Varianza.

En esta nueva edición se presentan dos artículos originales y una nota científica. Ordenados alfabéticamente, el primer artículo trata del estudio de las desigualdades en los ingresos de los adultos mayores bolivianos, un componente de mucha importancia en la determinación de la calidad de vida en la vejez. En un marco de bajos ingresos económicos de la mayoría de los adultos mayores, sean activos o inactivos económicamente, se constatan significativas desigualdades. Con base en los resultados de una regresión cuantil, los ingresos de los adultos económicamente inactivos son significativamente inferiores a los ingresos de los adultos ocupados, mientras dentro del grupo de inactivos destacan los muy bajos ingresos de las amas de casa y de las personas de edad avanzada. En el segundo artículo se emplearon técnicas multivariadas con el fin de determinar el riesgo de liquidez para los bancos, es decir, alertar tempranamente tal riesgo. A partir de un conjunto amplio de indicadores se obtuvo un reducido número de factores que indican de forma temprana los problemas surgidos en el ex Banco Fassil, en 2023. Por último, la nota científica, referida a los determinantes del rendimiento de la qañawa, es la investigación ganadora del segundo concurso de artículos científicos, en la categoría de estudiantes de la carrera de estadística, concurso realizado a iniciativa de la Dirección del IETA, con Resolución del Honorable Consejo de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA. Esperamos que su publicación motive a los estudiantes de la carrera en la producción de conocimiento científico.

Cabe resaltar que, de la misma manera que en las últimas tres ediciones de la Revista, los artículos originales publicados en esta nueva edición fueron evaluados y aprobados por el Comité Científico de la Revista. Nuestro sincero agradecimiento a los profesionales tanto internacionales como nacionales que conforman el Comité.

Por último, invitamos a visitar en la Web la nueva página de la Revista Varianza a través de la siguiente dirección electrónica:

<https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza>



Dr(c) Ramiro Coa Clemente

DIRECTOR INSTITUTO DE ESTADÍSTICA TEÓRICA Y APLICADA

ÍNDICE

ARTÍCULOS ORIGINALES

- Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos**
Autores: Ramiro Coa Clemente y Patricia Loza Cruz 1
- Análisis factorial dinámico aplicado a la medición de riesgo de liquidez**
Autor: Ronal Edwin Condori Huanca 23

NOTA CIENTÍFICA

- Determinantes del rendimiento de la qañawa**
Autor: Carlos Enrique Guzmán Delgado 33

- INSTRUCCIONES PARA AUTORES** 43

DESIGUALDADES EN LOS INGRESOS DE ADULTOS MAYORES BOLIVIANOS

INEQUALITIES IN THE INCOME OF BOLIVIANS ELDERLYS

Ramiro Coa Clemente¹

Instituto de Estadística Teórica y Aplicada, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia

✉ clementecoa@gmail.com

Patricia Loza Cruz²

Instituto Nacional de Estadística, La Paz-Bolivia

✉ lcruzpatricia@gmail.com

Artículo recibido: 25/08/2024

Artículo aceptado: 16/09/2024

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo estudiar las desigualdades en ingresos de los adultos mayores bolivianos con información obtenida en la encuesta de hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística en el año 2021. En un marco de bajos ingresos percibidos por una fracción importante de los adultos mayores, inferiores a un salario mínimo, sean activos o inactivos económicamente, se constatan importantes desigualdades. Con base en resultados de la regresión cuantil, se evidencia que (i) los ingresos de los ocupados son significativamente superiores a los de los inactivos, en todos los niveles de ingresos, ampliándose la brecha aún más en niveles de ingresos altos; (ii) los ingresos de amas de casa y de los de edad avanzada son significativamente inferiores a los que perciben los ocupados, en toda la distribución de ingresos; (iii) el efecto de la educación sobre el ingreso crece continuamente a medida que los ingresos pasan de niveles bajos a niveles altos, pero mucho más en niveles de ingresos altos; (iv) luego de controlar el efecto de otras variables, desaparecen las brechas entre los ingresos de hombres y mujeres; y (v) lo propio acontece con la edad de los adultos mayores, no existen brechas intergeneracionales en cuanto a los ingresos. Se recomienda crear las bases para una transición gradual hacia empleos formales y dignos, diseñar políticas y programas para aprovechar el actual bono demográfico, incrementar montos y focalizar grupos de adultos mayores beneficiarios de pensiones no contributivas, y asegurar la culminación de la educación superior, incluida la educación técnica.

Palabras clave: Regresión cuantil, Informalidad laboral, Brechas en ingresos, Educación.

ABSTRACT

This research aims to study the income inequalities of Bolivians elderlys with information obtained in the household survey carried out by the National Institute of Statistics in 2021. In a framework of low income received by a significant fraction of elderlys, less than one minimum wage, whether they are economically active or inactive, important inequalities are observed. Based on the results of the quantile regression, it is evident that (i) the incomes of the employed are significantly higher than that of the inactive, at all income levels, with the gap widening even more at high income levels; (ii) the incomes of housewives and the elderlys are significantly lower than that received by the employed, across the entire income distribution; (iii) the effect of education on income grows continuously as income moves from low to high levels, but much more at high income levels; (iv) after controlling for the effect of other variables, the gaps between men's and women's income disappear; and (v) the

1 Director del Instituto de Estadística Teórica y Aplicada, UMSA. Ex-Director de Investigación en la Unidad de Análisis y Política Social de Bolivia. Ex-Director Nacional de la Encuesta de Demografía y Salud. M.Sc. Estadística, Pontificia Católica de Chile. Mag. Demografía, Centro Latinoamericano de Demografía. Candidato a Doctor en Demografía, Universidad Federal de Minas Gerais. ORCID: [0000-0002-2955-0204](https://orcid.org/0000-0002-2955-0204).

2 Lic. Estadística. Especialidad en Evaluación de Impacto de Programas Sociales. M.Sc. Ciencia de Datos. Consultora de instituciones públicas y privadas en análisis estadístico. ORCID: [0009-0009-6633-6264](https://orcid.org/0009-0009-6633-6264).

same happens with the age of elderlys, there are no intergenerational gaps in terms of income. It is recommended to create the basis for a gradual transition towards formal and decent jobs, design policies and programs to take advantage of the current demographic bonus, increase amounts and focus on groups of elderlys who benefit from non-contributory pensions, and ensure the completion of higher education, including technical education.

Keywords: Quantile regression, Informal employment, Income gaps, Education.

1. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento acelerado de la población pasará a ser la tendencia demográfica más relevante en la región [de América Latina y el Caribe] (Huenchuan, 2018). Con relación a la aceleración, Europa, por ejemplo, tardó 56 años para que el porcentaje de población mayor de 65 años pasara del 10 al 20 por ciento; en cambio, en América Latina y el Caribe, esta transición se producirá en la mitad de tiempo, 28 años (Aranco N. et al., 2022). Al interior de la región, algunos países experimentarán incluso ritmos más acelerados, como es el caso de Chile, país que actualmente se encuentra en una fase avanzada de envejecimiento, requerirá sólo 26 años. Referente al caso boliviano, si bien se lo considera como un país que se encuentra en una etapa de envejecimiento incipiente (Huenchuan, 2018), este cambio se producirá en 42 años, lapso de tiempo inferior al registrado en Europa.

Este envejecimiento a ritmo acelerado tiene importantes implicancias económicas y sociales, por lo que es primordial que el diseño y la implementación de las políticas y programas para este segmento de la población conduzcan a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores y, a la vez, garanticen el ejercicio pleno de sus derechos. En efecto, en los acuerdos 18, 20, 22 y 27 del Consenso de Montevideo sobre población y desarrollo, del cual Bolivia es parte, se enfatiza la formulación de políticas que garanticen, entre otros, la calidad de vida de las personas mayores y un envejecimiento con dignidad y derechos (CEPAL, 2013).

Entre los derechos de los adultos mayores se encuentra el de seguridad económica³, seguridad que se constituye en uno de los factores determinantes de la calidad de vida de las personas de edad. La capacidad de las personas de disponer de bienes en general, económicos y no económicos, constituye un elemento clave de la calidad de vida en la vejez. En este sentido, la seguridad económica de las personas mayores se define como la capacidad de disponer y usar de forma independiente una cierta cantidad de recursos económicos regulares y en montos suficientes para asegurar una buena calidad de vida (Guzmán, 2002). Montos económicos en cantidad suficiente y de forma regular permiten que las personas de edad tengan una vida autónoma y puedan satisfacer una serie de necesidades básicas relacionadas, entre otros, con salud, alimentación, vivienda, cuidado, entretenimiento, seguridad y acceso a tecnologías de información, todos ellos muy vinculados con la calidad de vida. Es importante remarcar que los mecanismos de provisión de seguridad económica son varios: el trabajo generador de ingresos, los ahorros (activos físicos y financieros), los sistemas de seguridad social, las rentas percibidas y las redes de apoyo, principalmente las familiares (CEPAL, 2004).

3 En el artículo 17 de la Convención Interamericana sobre la Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores, del cual Bolivia es parte, se afirma que “Toda persona mayor tiene derecho a la seguridad social que la proteja para llevar una vida digna. Los Estados Parte promoverán progresivamente, dentro de los recursos disponibles, que la persona mayor reciba un ingreso para una vida digna a través de los sistemas de seguridad social y otros mecanismos flexibles de protección social” (OEA, 2015, art. 17)

Con el propósito de coadyuvar en el diseño y la implementación de políticas públicas orientadas a garantizar el ejercicio del derecho que tienen las personas de edad a una seguridad económica, esta investigación tiene el objetivo de estudiar las desigualdades en los ingresos de las personas adultas mayores. El décimo objetivo de desarrollo sostenible alude específicamente a “reducir la desigualdad en y entre los países”. Entre las metas vinculadas con este objetivo de desarrollo están el de “lograr progresivamente y mantener el crecimiento de los ingresos del 40% más pobre de la población... hasta el 2030” y el de “potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo...”.

Luego de una explicación sucinta de los datos y el método estadístico usado en el análisis, el presente artículo aborda el examen de las desigualdades en los ingresos, primero en términos descriptivos y posteriormente en términos inferenciales mediante regresión cuantil. En ambos enfoques, el descriptivo y el inferencial, se estudian las desigualdades tanto en el grupo de adultos mayores económicamente activos - específicamente los ocupados - como en el grupo de los inactivos. El artículo concluye con la presentación de los principales resultados y una discusión sobre los principales aspectos de esta investigación.

2. MÉTODOS E INFORMACIÓN

2.1 INFORMACIÓN

La presente investigación se basa en datos obtenidos en la encuesta de hogares del año 2021 realizada por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia. La muestra total contiene 12.847 hogares y 42.090 personas. En esta cantidad de muestra se captó 4.660 personas adultas mayores, vale decir,

personas de 60 años y más, correspondiente a un 11.1 por ciento de la muestra total de personas. Diferentes características de los adultos mayores fueron consideradas en el análisis de las desigualdades: su edad, tanto en años individuales como en grupos de edades; sexo; condición de actividad económica; informalidad laboral; área de residencia, clasificada como urbana o rural; educación, tanto en años de educación formal como en nivel alcanzado - ninguno, primaria, secundaria o superior; y la condición de pobreza, clasificada como no pobre y pobre.

2.2 REGRESIÓN CUANTIL

Regresión cuantil es una herramienta estadística apropiada para abordar el objetivo de este estudio. Por una parte, la distribución de ingresos de los adultos mayores, que es la variable respuesta en nuestro análisis, es bastante asimétrica, por lo que el uso de regresión lineal clásica puede ser ineficiente debido la presencia de *outliers* (valores atípicos), mientras regresión cuantil es más robusta a esos valores (Cameron and Trivedi, 2010). Por otra parte, la regresión lineal clásica sólo permite una visión parcial de la relación entre la variable respuesta y un conjunto de variables explicativas, una relación concentrada sólo en el promedio de la distribución condicional de la variable respuesta, mientras regresión cuantil permite examinar esa relación en diferentes puntos de la distribución condicional de los ingresos, es decir, proporciona un cuadro mucho más amplio de esa relación.

El modelo de regresión cuantil condicional es expresado como:

$$Q_q(Y/X) = X\beta_q \quad (1)$$

donde $Q_q(Y/X)$ representa el cuantil condicional q del vector de respuestas Y de dimensión $n \times 1$, X es una matriz $n \times p$ de datos

para las $p - 1$ variables explicativas, siendo su primera columna un vector de unos, y β_q es un vector $p \times 1$ de parámetros desconocidos correspondiente al cuantil condicional q . Entonces, se trata de modelar cuantiles condicionales sobre un conjunto de variables explicativas o regresoras.

Recordemos que, para $0 < q < 1$, $Q(q)$ es el cuantil q de la distribución de una variable aleatoria Y si $P(Y \leq Q(q)) \geq q$ y $P(Y \geq Q(q)) \geq 1 - q$, donde un caso especial es la mediana cuando $q = 1/2$. De acuerdo a Vicéns y Sánchez (2012), una forma alternativa de expresar la definición de los cuantiles es la siguiente:

$$\text{Min}_{b \in \mathbb{R}} [\sum_{Y_i \geq b} q |Y_i - b| + \sum_{Y_i < b} (1 - q) |Y_i - b|] \quad (2)$$

El valor de b que minimiza la expresión en (2) es justamente aquél valor de Y que deja una proporción q de la muestra de observaciones por debajo y una proporción $(1 - q)$ por encima, siendo q , por tanto, un valor entre 0 y 1 correspondiente al cuantil de Y que se quiere estimar. Aplicando esta definición alternativa de cuantiles al modelo de regresión cuantil condicional, donde b es remplazado por la i -ésima observación del modelo, $X_i' \beta_q$, la expresión en (2) pasa a tener la siguiente forma:

$$\text{Min}_{\beta_q \in \mathbb{R}^p} [\sum_{Y_i \geq X_i' \beta_q} q |Y_i - X_i' \beta_q| + \sum_{Y_i < X_i' \beta_q} (1 - q) |Y_i - X_i' \beta_q|] \quad (3)$$

El vector de estimadores $\hat{\beta}_q$ para la regresión cuantil condicional q es el que minimiza la función objetivo en (3) (Cameron and Trivedi, 2010). Esta función objetivo no es diferenciable, por lo que para su optimización se recurre al método *Simplex* (Cameron and Trivedi, 2010). El estimador $\hat{\beta}_q$ es un estimador con propiedades asintóticas bien establecidas. Bajo condiciones generales, la distribución asintótica de $\hat{\beta}_q$ es expresada

como $\hat{\beta}_q \sim N(\beta_q, A^{-1} B A^{-1})$, donde $A = \sum_i q(1 - q) X_i X_i'$, $B = \sum_i f_{\mu_q}(0/X_i) X_i X_i'$ y $f_{\mu_q}(0/X)$ es la densidad condicional del error $\mu_q = Y - X' \beta_q$ evaluado en $\mu_q = 0$ (Cameron and Trivedi, 2010). Para la estimación de la matriz de varianzas y covarianzas $A^{-1} B A^{-1}$ se recurre al método de remuestreo bootstrap (Vicéns y Sánchez, 2012).

3. RESULTADOS

3.1 ACTIVIDAD ECONÓMICA E INGRESOS DE LOS ADULTOS MAYORES

Oferta Laboral

Entre las personas adultas mayores, es decir las de 60 años y más, un poco más de la mitad (50.8%) aún integra o es parte de la fuerza laboral del país (Cuadro 1). Este nivel de participación de las personas de edad en la actividad económica se encuentra muy por encima del promedio de participación en la región de América Latina, 36.6% para el año 2021 (CEPAL, 2022). Por género, los hombres tienen mayor participación económica (61.6%) con relación a las mujeres (41.1%) debido a que, entre otros factores, de cada tres jefes de hogar, dos son hombres (65.7%), lo que podría traducirse en la mayor responsabilidad de los hombres adultos en cuanto al soporte económico de los hogares. Por otra parte, pese a su edad avanzada, aún hay una parte considerable de los adultos mayores que conforman la población económicamente activa que no tiene trabajo, pero busca activamente. En efecto, la tasa de desocupación en este segmento de la población asciende a 2.5%.

Cuadro 1
Bolivia: Condición de actividad económica de la población adulta mayor por sexo, 2021
(en porcentaje)

Población			
Económicamente	Hombres	Mujeres	Total
Activa	61,6	41,1	50,8
Inactiva	38,4	58,9	49,2
Total	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

Demanda Laboral e Ingresos en la ocupación principal

Respecto de la ocupación principal de las personas adultas mayores que realizan una actividad económica, éstas se insertan en el mercado laboral principalmente a través de actividades que no requieren mucha calificación como son las vinculadas con la producción agropecuaria, servicios y la construcción y manufactura. En estas tres actividades se concentra el 77.9% de los adultos mayores ocupados (Cuadro 2). Si bien el nivel de ingresos laborales de las personas adultas mayores ocupadas en general es bajo, llegando, en mediana⁴, a sólo 1,333 Bs por mes (Cuadro 2), equivalente a menos de las dos terceras partes de un salario mínimo (SM)⁵ - 0,62 SM - mucho más bajo es para los que se

dedican a trabajos agropecuarios sector en el que se registra un ingreso mensual mediano de sólo 490 Bs, equivalente a un poco menos de la cuarta parte de un salario mínimo - 0.23 SM. Es importante notar que, además de los ingresos laborales, todos los adultos mayores que no cobran un sueldo del sector público tienen derecho a la renta dignidad⁶, una pensión vitalicia no contributiva que tiene entre sus objetivos proteger el ingreso de esta población vulnerable. Sin embargo, pese a este adicional ingreso no laboral, el ingreso total, laboral y no laboral, de los adultos mayores ocupados permanece bajo, 1,866 Bs en mediana, inferior a un salario mínimo (0.86 SM), como también permanecen bajos los ingresos de los trabajadores en la agricultura y servicios. Este panorama refleja considerables desigualdades entre los ingresos de los adultos mayores que realizan alguna actividad económica.

4 Debido a que en general la distribución de los ingresos es bastante asimétrica y que en tales situaciones el ingreso promedio no es una buena medida representativa de esa distribución, en adelante se usará principalmente el ingreso mediano, el cual indica que la mitad de las personas ganan menos que el ingreso mediano y que la otra mitad gana más que la mediana.

5 En el año 2021, el salario mínimo en Bolivia fue de 2,164 Bs, equivalente a 310.9 dólares.

6 La renta dignidad asciende a 350 Bs por mes para los que no perciben renta o jubilación y a 300 Bs por mes para los que perciben una pensión de jubilación.

Cuadro 2

Bolivia: Ingresos medianos mensuales total, laboral y no laboral de adultos mayores ocupados según grupo de ocupación principal, 2021 (en bolivianos)

Grupo de Ocupación Principal	Ingresos medianos mensuales (en bolivianos)			Porcentaje de adultos mayores ocupados
	Total	Laboral	No laboral	
Directivos de Administración Pública y Empresas	6,973	6,099	350	1,8
Profesionales científicos e intelectuales	5,835	5,500	300	6,2
Técnicos de Nivel Medio	5,248	4,300	350	2,8
Empleados de oficina	4,675	4,675	0	0,8
Trabajadores de Servicio y Vendedores	1,952	1,455	350	20,0
Trabajadores en Agricultura, Pecuaria, Pesca y otros	950	490	350	43,2
Trabajadores de la Construcción, Ind. Manufacturera y Otros	2,868	2,425	350	14,7
Operadores de Instalaciones y Maquinarias	3,944	3,040	350	6,1
Trabajadores No Calificados	2,383	2,000	350	4,4
Total	1,866	1,333	350	100,0

Fuente: Elaboración propia

Además de registrarse considerables desigualdades entre los ingresos generados en diferentes ocupaciones, también se observan amplias brechas cuando se examinan los ingresos en función de algunas características sociodemográficas de los adultos mayores ocupados. Por ejemplo, los ingresos se reducen considerablemente a medida que se envejece más; las mujeres tienen menos ingresos que los hombres, principalmente en actividades agropecuarias, en la construcción y en la manufactura; y los ingresos se incrementan notablemente con la educación (Cuadro 2A en anexo). Con relación a este último resultado, en el país se tiene evidencia de que la educación del adulto mayor lograda cuando era relativamente joven tiene un fuerte impacto causal sobre su actual ingreso (Coa y Loza, 2024), un resultado importante para fines de política en materia de educación orientada a reducir desigualdades en los ingresos.

Ingresos y categoría ocupacional

Al examinar la composición de la población

adulto mayor ocupada por categorías ocupacionales, se evidencia una contundente concentración de la fuerza laboral en actividades por cuenta propia, considerados empleos independientes y que generalmente no están regulados o protegidos por marcos legales. Un 79.4% de los adultos mayores ocupados trabaja por cuenta propia (Cuadro 3), mientras una pequeña fracción lo hace como trabajador asalariado, que incluye a obreros, empleados y empleadas del hogar. Además de constituir la fracción más importante entre los adultos mayores ocupados, los trabajadores por cuenta propia también perciben los ingresos más bajos, apenas 1.476 Bs por mes, en mediana (Cuadro 3), equivalente a un poco más de las dos terceras partes de un salario mínimo (0,68 SM), esto es, la mitad de los trabajadores por cuenta propia tiene un ingreso inferior a este monto, una cantidad de ingresos muy por debajo de lo percibido por los trabajadores asalariados obreros y empleados (4,265 Bs).

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

Cuadro 3

Bolivia: Ingresos medianos mensuales total, laboral y no laboral de adultos mayores según la categoría en su ocupación principal, 2021 (en bolivianos)

Categoría en ocupación principal	Ingresos medianos mensuales			Porcentaje de adultos mayores ocupados
	Total	Laboral	No laboral	
Obrero o empleado	4,265	3,903	350	14,7
Trabajador por cuenta propia	1,476	958	350	79,4
Empleador o socio sin salario	3,850	3,031	350	3,9
Empleada(o) del hogar	2,550	2,033	350	1,5
Otro a)	na	na	na	0,5
Total	1,866	1,333	350	100,0

Fuente: Elaboración propia

a) Incluye empleador con salario y cooperativista. Muy pocos casos en la muestra

na: no aplicable, número de casos sin ponderar inferior a 25

Ingresos e informalidad laboral

Analizar la informalidad laboral en nuestro medio es de suma importancia porque refleja la magnitud de los empleos que no se encuentran sometidos a la legislación laboral nacional, al impuesto sobre la renta o no tienen derecho a la protección social ni a los beneficios laborales (OIT, 2013). Es importante remarcar que el empleo informal puede existir tanto en el sector formal como en el sector informal de la economía.

En Bolivia, casi la totalidad de los adultos mayores ocupados tienen empleos informales⁷. Mientras en la región de Latino

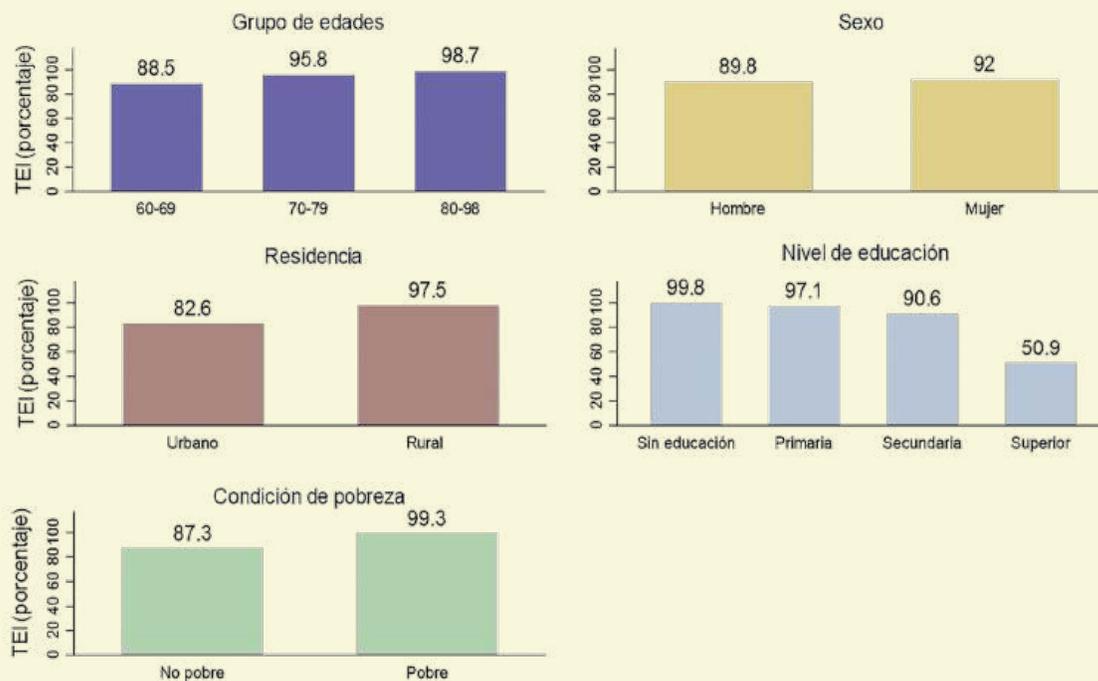
América y el Caribe la tasa de empleo informal entre los adultos mayores ocupados asciende a 78% (Espejo, 2022), en Bolivia, considerado uno de los países con mayor informalidad laboral del mundo, es mucho mayor, 90.7%. Excepto en el caso de adultos mayores que alcanzaron la educación superior, para los que la informalidad laboral es la más baja (50.9%), para las demás características sociodemográficas la magnitud de la informalidad oscila entre 82.6% y 99.8% (Gráfico 1)⁸.

⁷ La magnitud del empleo informal fue calculada con base tanto en los conceptos y definiciones adoptados internacionalmente así como en las directrices técnicas para su medición emitidas en el Manual Estadístico sobre el Sector Informal y el Empleo Informal de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2013).

⁸ Con base en los criterios usados en esta investigación, criterios técnicos y conceptuales recomendados por la OIT, la tasa de empleo informal para Bolivia, considerando todas las edades, en 2021, asciende a 79.2%. Esta estimación es coherente con otras, por ejemplo la OIT estimó una tasa de informalidad de 80%: <https://www.ilo.org/es/resource/news/trabajadoras-por-cuenta-propia-pilares-de-la-reactivacion-economica-en>

Gráfico 1

Bolivia: Tasas de empleos informales de adultos mayores ocupados para características seleccionadas, 2021



Fuente: Elaboración propia
TEI: Tasa de empleo informal

Con relación a los ingresos, los adultos mayores que trabajan en la informalidad perciben ingresos mucho más bajos de lo que reciben los trabajadores adultos formales, siendo estos últimos una reducida proporción de los adultos ocupados. A tan solo 1,100 Bs por mes, en mediana, asciende el ingreso total de los adultos mayores informales, monto equivalente a la mitad de un salario mínimo (0,51 SM), frente a una mediana de 4,973 Bs (2,3 SM) de los trabajadores formales (Cuadro 4). Además de esta enorme brecha entre los ingresos de trabajadores formales e informales, al interior del grupo de trabajadores adultos informales también se detectan enormes diferencias. Por ejemplo, los ingresos de los trabajadores informales se reducen drásticamente a medida que envejecen más, las mujeres perciben menos ingresos que los hombres y los ingresos

en trabajos informales se incrementan considerablemente con la educación.

Este panorama laboral de los adultos mayores, consistente en una predominante ocupación en trabajos informales, y con ingresos muy bajos, plantea serios desafíos para las autoridades encargadas del diseño y ejecución de políticas y programas orientados a salir de esta situación y transitar hacia la formalidad. Es importante remarcar que los adultos mayores insertos en trabajos informales están excluidos del sistema de seguridad social, principalmente del sistema de pensiones contributivas, no están cubiertos por la legislación laboral (por no poseer contratos explícitos, no beneficiarse de vacaciones pagadas o de licencias pagadas, para citar algunos) y no poseen libertad sindical, entre otros.

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

Cuadro 4
Bolivia: Ingresos medianos mensuales de adultos mayores con empleos formales e informales según características seleccionadas, 2021
(en bolivianos)

Característica	Empleos		Total
	Formales	Informales	
Grupo de edad			
60-69	4,917	1,400	1,732
70-79	na	625	700
80-98	na	342	342
Sexo			
Hombre	4,973	1,299	1,516
Mujer	5,324	866	1,126
Residencia			
Urbano	4,917	2,156	2,500
Rural	na	550	600
Educación			
Sin educación	na	333	333
Primaria	[2,842	990	1,039
Secundaria	[4,200	1,825	2,050
Superior	6,248	2,598	4,383
Condición de pobreza			
No pobre	5,108	1,560	2,000
Pobre	na	313	317
Total	4,973	1,100	1,333

Fuente: Elaboración propia

na: no aplicable, número de casos sin ponderar inferior a 25

Valores precedidos por un corchete se basan en 25 a 49 casos sin ponderar

3.2 INACTIVIDAD ECONÓMICA E INGRESOS DE LOS ADULTOS MAYORES

Ingresos No Laborales de los Inactivos

Los adultos mayores económicamente inactivos representan casi la mitad de este segmento de la población. Entre las razones de su inactividad se destacan tres: la edad avanzada, la jubilación y los quehaceres en el hogar, juntas representan el 97.8% del total de inactivos. En términos de ingresos no laborales, los adultos mayores inactivos en general tienen ingresos muy bajos, mucho

más bajos de lo que perciben los adultos ocupados. Efectivamente, sólo 600 Bs en mediana (equivalente a 0,28 SM) reciben los adultos inactivos, frente a los 1,866 Bs (equivalente a 0,86 SM) que perciben los ocupados (Cuadro 5). Si bien los ingresos de los adultos ocupados ya son bajos, los ingresos de los adultos inactivos son mucho más bajos, peor aún si se toman en cuenta algunas características de los inactivos, como por ejemplo, las mujeres inactivas reciben tan sólo 385 Bs (0,18 SM), mucho menos de lo que perciben los hombres inactivos, 1,500 Bs (0,69 SM).

Cuadro 5

Bolivia: Ingresos medianos mensuales no laborales de adultos mayores inactivos por razón de inactividad económica para características seleccionadas, 2021 (a)
(en bolivianos)

Característica	Total Inactivos	Razón de Inactividad			Adultos mayores ocupados
		Ama de casa (b)	Jubilación (c)	Edad avanzada (d)	
Grupo de edad					
60-69	700	350	3,500	371	2,350
70-79	650	350	3,300	375	1,198
80-98	400	na	3,339	350	894
Sexo					
Hombre	1,500	na	3,473	350	2,150
Mujer	385	350	3,300	365	1,568
Residencia					
Urbana	1,046	350	3,400	350	3,000
Rural	350	350	[3,600	371	1,028
Educación					
Sin educación	350	350	na	350	823
Primaria	395	350	2,667	379	1,559
Secundaria	850	350	2,857	475	2,694
Superior	3,600	[350	3,800	1,350	5,438
Condición de pobreza					
No pobre	1,350	350	3,500	400	2,623
Pobre	350	350	[1,500	350	708
Total	600	350	3,400	350	1,866

Fuente: Elaboración propia

(a) Para fines de comparación se incluye ingresos medianos de adultos mayores ocupados

(b) Incluye a los que cuidan a miembros del hogar

(c) Incluye a beneméritos

(d) Personas inactivas por tener edad avanzada

Valores precedidos por un corchete se basan en 25 a 49 casos sin ponderar

na: no aplicable, número de casos sin ponderar inferior a 25

Pero, incluso al interior del grupo de adultos mayores inactivos, esto es, concentrando el análisis en las tres razones de inactividad más frecuentes, surgen brechas importantes en los ingresos no laborales. Claramente, las amas de casa dedicadas a los quehaceres del hogar y las personas de edad avanzada, ambos grupos de adultos mayores que no perciben pensión por jubilación, tienen los ingresos no

laborales más bajos, sólo 350 Bs en mediana para ambos grupos (0,16 SM), ingresos que provienen principalmente de la renta dignidad; mientras los inactivos jubilados tienen un ingreso no laboral de 3,400 Bs en mediana (1,57 SM). Sin embargo, incluso el nivel de ingresos de los jubilados, si bien es superior al de los ocupados, no deja de ser bajo.

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

Composición de los Ingresos No Laborales de Inactivos

Para analizar la composición de los ingresos no laborales de los adultos mayores inactivos se examinan tres aspectos: el número de fuentes de ingreso, la magnitud del ingreso por cada fuente y la fracción que representa cada fuente de ingreso respecto del ingreso no laboral total.

Para casi todos los adultos mayores inactivos (98.03%), sus ingresos no laborales provienen de una, dos o hasta tres fuentes: la renta dignidad, la pensión por jubilación y la asistencia familiar - o de otras personas - sea en dinero o alimentos. La magnitud de esos ingresos mensuales, en mediana, asciende a 350 Bs (0,16 SM) para la renta dignidad, a 3,000 Bs (1,39 SM) para la jubilación y a 333 Bs (0,15 SM) para la asistencia familiar (Cuadro 6). Adicionalmente, la renta dignidad, la que beneficia a casi todos los inactivos (98%), representa en promedio más de la mitad de sus ingresos (58%); la pensión por jubilación, recibida por menos de la tercera parte de los inactivos (30.4%), representa una elevada proporción de sus ingresos no laborales (84%); mientras la asistencia familiar, percibida por menos de la cuarta parte de los inactivos (23,2%), también representa una parte considerable de sus ingresos (42%) (Cuadro 6A en anexo).

Si bien la renta dignidad, un programa de transferencias monetarias para el adulto mayor de forma vitalicia, que forma parte del régimen de seguridad social no contributivo, tiene cobertura casi universal, la cantidad de ingresos transferido a cada adulto mayor - 350 Bs - es claramente insuficiente para asegurar las necesidades básicas de muchos de los adultos mayores inactivos. Por su parte, la asistencia familiar también se constituye en un paliativo importante para la economía de los adultos mayores inactivos, si bien

insuficiente para satisfacer sus necesidades básicas e inestable en el tiempo. Incluso el monto mediano de la pensión por jubilación, equivalente a sólo 1,39 veces el salario mínimo, es insuficiente para garantizar una seguridad económica en la vejez, tomando en cuenta, por ejemplo, que el cuidado de la salud durante la vejez requiere en general de cantidades de recursos económicos mucho mayores que en otros grupos etarios.

Cuadro 6

Bolivia: Ingresos medianos mensuales no laborales de adultos mayores económicamente inactivos según procedencia del ingreso, 2021 (en bolivianos)

Procedencia del ingreso	Ingreso	
	no laboral mediano	Porcentaje de inactivos
Jubilación	3,000	30,4
Viudez	2,000	4,2
Renta dignidad	350	98,3
Rentas (a)	1,000	11,5
Asistencia (b)	333	23,2
Bonos (c)	25	6,2
Remesas (d)	557	4,9
Ingreso no laboral	600	100,0

Fuente: Elaboración propia

(a) Intereses de préstamos, alquileres y otros

(b) Asistencia familiar, dinero o alimentos de otras personas

(c) Bonos sociales en dinero o especie

(d) Dinero o encomiendas del exterior

Composición de los Ingresos No Laborales de Jubilados

Con base en los mismos criterios usados en la sección previa ahora se analiza la composición de ingresos no laborales de los adultos mayores jubilados. Para casi todos los adultos jubilados (96%) sus ingresos no laborales emanan de hasta tres fuentes: pensión por jubilación, renta dignidad y otras rentas - por ejemplo alquileres e intereses por préstamos. Proporciones muy reducidas de jubilados perciben ingresos de otras fuentes, como asistencia económica, remesas, bonos sociales y pensión por viudez. Referente a los ingresos, se observan diferencias importantes

entre los montos medianos percibidos de cada una de estas tres fuentes: 3,000 Bs (1,39 SM) por jubilación, 300 Bs (0,14 SM) por renta dignidad y 1,200 Bs (0,55 SM) por otro tipo de rentas (Cuadro 7). El panorama de esta composición de ingresos se amplía examinando el peso promedio que tiene cada fuente en el ingreso no laboral total de los jubilados. En efecto, la pensión por jubilación, percibida obviamente por todos los jubilados (100%), representa, en promedio, una elevada fracción de sus ingresos no laborales (84%); la renta dignidad, la que beneficia a casi todos los jubilados (96.3%), representa sólo una pequeña parte de los ingresos no laborales (10%); en tanto los ingresos provenientes de otras rentas, percibidas también por una pequeña fracción de los jubilados (13.1%), constituye un poco menos de la tercera parte de sus ingresos no laborales (31%) (Cuadro 7A en anexo).

Cuadro 7
Bolivia: Ingresos medianos mensuales no laborales de adultos mayores jubilados según procedencia del ingreso, 2021
(en bolivianos)

Procedencia de ingresos no laborales	Ingreso	
	no laboral mediano	Porcentaje de jubilados
Jubilación	3,000	100,0
Viudez	2,400	1,0
Renta dignidad	300	96,3
Rentas (a)	1,200	13,1
Indemnización	417	0,6
Asistencia económica (b)	300	8,9
Bonos (c)	20	3,3
Remesas (d)	696	3,3
Ingreso no laboral	3,500	100,0

Fuente: Elaboración propia

(a) Intereses de préstamos, alquileres y otros

(b) Asistencia familiar, dinero o alimentos de otras personas

(c) Bonos sociales en dinero o especie

(d) Dinero o encomiendas del exterior

Por su cobertura, la pensión por jubilación y la renta dignidad se constituyen claramente en las dos fuentes de ingresos principales de los jubilados, una cobertura prácticamente

universal en ambos casos; mientras sólo una pequeña fracción de los jubilados percibe ingresos provenientes de otras rentas. En cambio, por el monto, no cabe duda que la pensión por jubilación es la principal fuente de ingresos, en tanto el aporte de la renta dignidad al ingreso total de los jubilados es pequeño, pero no por ello despreciable.

3.3 DESIGUALDADES EN LOS INGRESOS CON PROCEDIMIENTOS INFERENCIALES

En las secciones previas se examinaron las desigualdades o brechas en los ingresos en términos descriptivos, mientras en esta sección se las analiza recurriendo a procedimientos inferenciales. Las desigualdades son analizadas en dos direcciones: primero, al interior de cada categoría, por ejemplo las desigualdades en los ingresos de adultos mayores ocupados o las desigualdades en los ingresos de los jubilados; segundo, desigualdades entre categorías, por ejemplo las brechas entre los ingresos de ocupados e inactivos y, fundamentalmente, si la magnitud de esas brechas se mantienen invariables o cambian con el nivel de los ingresos.

Desigualdades dentro de las categorías

Para el grupo de adultos mayores económicamente activos, específicamente los ocupados, sus ingresos medianos totales - laborales y no laborales - se incrementan marcadamente al pasar del quintil inferior al quintil superior (Cuadro 8), reflejando considerables desigualdades. En otros términos, el ingreso mediano en el quintil superior es 10,3 veces más que en el quintil inferior, lo que sugiere la existencia de amplias brechas, resultado que también es manifestado por el elevado valor del índice de Gini (0,46). Estas brechas son respaldadas por las magnitudes de los intervalos de confianza para los ingresos medianos

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

poblacionales en cada uno de los quintiles, magnitudes que permiten constatar que los ingresos medianos son estadísticamente diferentes y que, en consecuencia, queda confirmada la existencia de desigualdades importantes entre los ingresos totales de los adultos mayores ocupados.

Cuadro 8

Bolivia: Ingresos medianos y sus correspondientes intervalos de confianza 95% de adultos mayores por condición de actividad económica según quintiles de ingreso, 2021

Quintil de ingresos	Condición de actividad				
	Ocupados	Total	Jubilados	Amas de casa	Edad avanzada
Quintil inferior					
Ingreso mediano	583	350	1750	350	350
IC	[558 - 610]	[350 - 350]	[1593 - 1800]	[350 - 350]	[350 - 350]
Segundo quintil					
Ingreso mediano	1080	375	2800	--	--
IC	[1043 - 1125]	[370 - 376]	[2800 - 2800]		
Quintil intermedio					
Ingreso mediano	1975	750	3473	--	428
IC	[1910 - 2079]	[705 - 850]	[3300 - 3500]		[407 - 448]
Cuarto quintil					
Ingreso mediano	3276	2350	4300	435	817
IC	[3149 - 3337]	[2300 - 2500]	[4300 - 4300]	[396 - 505]	[750 - 850]
Quintil superior					
Ingreso mediano	6007	4300	6300	1350	2050
IC	[5801 - 6350]	[4300 - 4500]	[5988 - 6488]	[1209 - 1726]	[1851 - 2350]
Razón					
Q.Superior/Q.Inferior	10,3	12,3	3,6	3,9	5,9
Índice de Gini					
Total	0,46	0,56	0,28	0,42	0,48

Fuente: Elaboración propia

IC = Intervalo de confianza 95%, con límites inferior y superior

-- Sin datos

De manera similar al caso de los adultos ocupados, para el conjunto de adultos jubilados también se constatan desigualdades muy amplias entre sus ingresos. En efecto, los ingresos medianos en cada uno de los quintiles son estadísticamente diferentes, por ejemplo el ingreso mediano en el quintil superior es 3,6 veces más que en el quintil inferior. Igualmente, para el caso de los otros dos grupos de adultos mayores

económicamente inactivos - las amas de casa y los que declararon ser inactivos por tener edad avanzada - también se tiene evidencia de importantes desigualdades. Sin embargo, en el caso de estos dos últimos grupos debe notarse una relativa homogeneidad entre los ingresos en los primeros cuatro quintiles y que los ingresos en el quintil superior son marcadamente distintos a los registrados en los primeros cuatro quintiles.

Desigualdades entre categorías

Acá se recurre a la regresión cuantil para detectar la existencia o no de desigualdades significativas entre los ingresos de grupos

de adultos mayores a través de toda la distribución de ingresos, controlando el efecto de otras variables incluidas en la parte sistemática del modelo.

Cuadro 9
Coeficientes y valores-p estimados con regresión cuantil para cuantiles 25, 50 y 75

Variable/Categoría	Cuantil	Coeficiente	Valor-p
Condición de actividad			
Ocupado	q25	826,7	0,000
	q50	954,9	0,000
	q75	1285,1	0,000
Condición de inactividad desagregado			
Ama de casa	q25	-205,8	0,000
	q50	-428,0	0,000
	q75	-471,9	0,000
Jubilado	q25	1689,4	0,000
	q50	1430,9	0,000
	q75	1001,4	0,000
Sexo			
Mujer	q25	-54,8	0,081
	q50	-97,6	0,034
	q75	-107,9	0,145
Edad en años			
Edad	q25	0,0	1,000
	q50	0,0	1,000
	q75	6,0	0,079
Educación en años			
Educación	q25	41,2	0,000
	q50	93,6	0,000
	q75	158,1	0,000
Residencia			
Rural	q25	-309,0	0,000
	q50	-428,0	0,000
	q75	-310,1	0,000
Condición de pobreza			
Pobre	q25	-402,4	0,000
	q50	-687,0	0,000
	q75	-860,0	0,000
Intercepto			
	q25	404,8	0,000
	q50	875,6	0,000
	q75	971,6	0,000

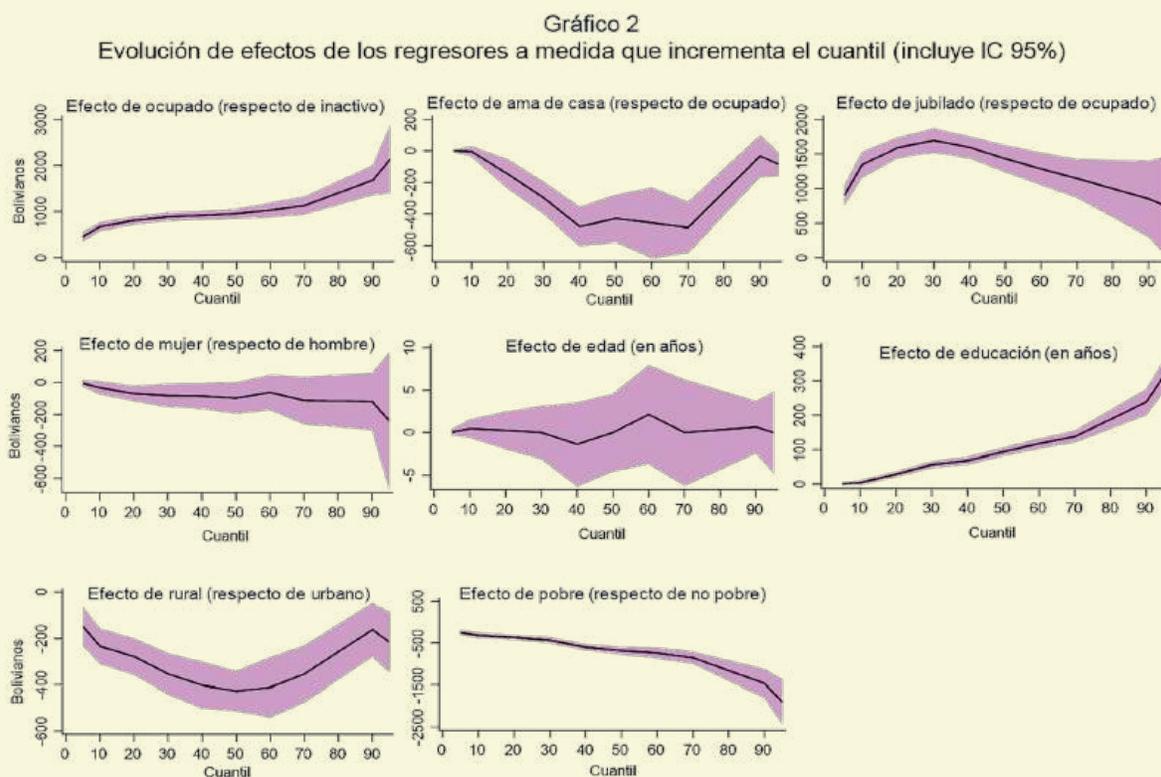
Fuente: Elaboración propia

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

Coeficientes y valores-p para los cuantiles 25, 50 y 75 estimados con regresión cuantil se exponen en el Cuadro 9. En las primeras tres filas del cuadro se comparan las brechas entre los ingresos de los económicamente activos - básicamente los ocupados - y los económicamente inactivos. Los resultados revelan que, por una parte, los tres cuartiles de ingresos de los ocupados son significativamente superiores a los correspondientes cuantiles de los inactivos y, por otra parte, esta superioridad se incrementa cuando aumenta el cuartil, esto es, la magnitud de las desigualdades en los ingresos se incrementa en niveles de ingresos altos. Pruebas estadísticas confirman estos resultados. Efectivamente, la hipótesis de igualdad de los tres cuantiles es rechazada (valor-p = 0.001).

Estos mismos resultados se pueden apreciar gráficamente, con el añadido de que se evalúan las desigualdades a través de toda la

distribución de los ingresos, no sólo en unos pocos cuantiles (Gráfico 2). El gráfico que permite la comparación entre los ingresos de los económicamente activos - los ocupados - y los ingresos de los económicamente inactivos, se encuentra en el panel superior izquierdo, incluido la banda de confianza 95%. Puede apreciarse que hasta alrededor del 60 cuartil, el ingreso de los ocupados es significativamente superior al de los inactivos, con leves incrementos en su magnitud durante ese tramo, pero a partir de este cuartil las brechas entre los ingresos se incrementan notablemente y de manera continua. Estos resultados evidencian la existencia de amplias brechas entre los ingresos de los adultos mayores económicamente activos - los ocupados - y los ingresos de los inactivos, brechas que se amplían aún más en niveles altos de los ingresos. Cabe hacer notar que todos estos resultados se presentan en un contexto de bajos ingresos, en general, de los adultos mayores



Fuente: Elaboración propia

En el mismo Gráfico 2 se aprecian desigualdades para otras comparaciones. En el gráfico de la primera fila y segunda columna se presentan las brechas entre los ingresos de las económicamente inactivas, las amas de casa, y los ingresos de los ocupados, controlando el efecto de otras variables. Se aprecia que los montos de ingresos de las amas de casa son significativamente más bajos que los ingresos de los ocupados a través de todos los niveles de ingresos, brechas que se amplían considerablemente en niveles de ingresos intermedios. En cuanto a la comparación de los ingresos de los jubilados con los ingresos de los ocupados, los primeros tienen ingresos superiores a los ingresos de los segundos, pero, la magnitud de esa superioridad evoluciona en forma parabólica, es decir, las brechas se incrementan hasta alrededor del cuantil 30 para, a partir del mismo, reducirse continuamente. Como se puede ver, por una parte se tiene evidencia estadística de importantes desigualdades entre los ingresos de las amas de casa y de los ocupados, principalmente en niveles de ingresos intermedios, desigualdades en detrimento de las amas de casa y, por otra parte, se observan desigualdades entre los ingresos de jubilados y de ocupados, brechas que crecen en niveles inferiores de ingreso para luego reducirse en niveles de ingresos altos.

También es importante resaltar otros resultados importantes que se pueden extraer del Gráfico 2. Uno de ellos tiene que ver con las brechas de ingresos por género. Luego de controlar el efecto de otras variables, no existen brechas significativas entre los ingresos de hombres y mujeres (se observa una línea entorno de 0). Lo propio acontece con la edad de los adultos mayores. No existen brechas intergeneracionales en cuanto a los ingresos totales. Un resultado muy interesante e importante tiene que

ver con el efecto de la educación sobre los ingresos, controlando otras variables. El efecto de la educación sobre el ingreso crece continuamente a medida que los ingresos pasan de niveles bajos a niveles altos, incremento que es mucho mayor en niveles de ingresos más altos. La importancia de la educación en edades relativamente jóvenes para garantizar la seguridad económica en la vejez es un resultado que fue evidenciado estadísticamente por Coa y Loza (2024).

4. CONCLUSIONES

En Bolivia, en 2021, un poco más de la mitad de los adultos mayores es económicamente activo (50,8%), fracción que representa la fuerza de trabajo adulta mayor. Entre los que realizan algún trabajo, su ocupación principal está vinculada principalmente con la producción agropecuaria, servicios y la construcción y manufactura. Estas tres actividades, juntas, aglutinan el 77.9% de los adultos ocupados.

Los ingresos de los adultos mayores que realizan alguna actividad económica, en general, son muy bajos, inferiores a un salario mínimo. Para los ocupados, su ingreso mediano total - laboral y no laboral - asciende a 1,866 Bs por mes, inferior a un salario mínimo (0.86 SM), monto que incluye el ingreso no laboral proveniente principalmente de la renta dignidad. En este escenario de bajos ingresos surgen amplias brechas cuando se examinan los ingresos en función de algunas características sociodemográficas de los adultos mayores ocupados. Así, los ingresos se reducen considerablemente a medida que se envejece más; las mujeres tienen menos ingresos que los hombres, se reducen cuando los adultos se encuentran en condición de pobreza, pero los ingresos se incrementan notablemente cuando aumentan los años de educación.

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

Al examinar la categoría en la ocupación principal, se encuentra una contundente concentración de la fuerza laboral en actividades por cuenta propia (79.4% de los ocupados). Los trabajadores con esta categoría ocupacional, además de ser el grupo más numeroso, también son los que perciben ingresos más bajos, apenas 1.476 Bs por mes, en mediana, equivalente a un poco más de las dos terceras partes de un salario mínimo (0,68 SM), muy por debajo del ingreso mediano percibido por los ocupados asalariados, 4,265 Bs (1,97 SM).

En Bolivia, la informalidad laboral entre los adultos mayores ocupados está muy extendida, 90.7% de los ocupados tiene empleos informales, empleos que no se encuentran sometidos a la legislación laboral ni gozan de beneficios laborales. Es más, la tasa de informalidad aumenta con la vejez, es mayor en las mujeres, aumenta con la condición de pobreza, pero se reduce con la educación. En cuanto a sus ingresos, sólo 1,100 Bs por mes, en mediana, percibe un trabajador informal, monto equivalente a la mitad de un salario mínimo (0,51 SM), frente a 4,973 Bs de los trabajadores formales, equivalente a más de dos salarios mínimos (2,30 SM). En este contexto de bajos ingresos, también se registran considerables desigualdades. Esto es, los ingresos de los trabajadores informales se reducen drásticamente a medida que envejecen más, las trabajadoras informales perciben mucho menos que los trabajadores formales, los ingresos de trabajos informales se reducen abundantemente con la condición de pobreza, pero se incrementan considerablemente con la educación.

Por otra parte, con relación a los adultos mayores económicamente inactivos, éstos también representan casi la mitad de este segmento de la población (49,2%). Entre

las razones de su inactividad se destacan tres: la edad avanzada, la jubilación y los quehaceres en el hogar, estas tres razones juntas representan el 97.8% del total de inactivos. Respecto de sus ingresos, los adultos inactivos tienen ingresos mucho más bajos que los ocupados. En mediana, los inactivos perciben 600 Bs por mes (0,28 SM), mientras los ocupados reciben 1,866 Bs (0,86 SM). En este cuadro de muy bajos ingresos de los inactivos, igualmente se registran importantes diferencias. Las amas de casa, dedicadas a los quehaceres del hogar, y las personas de edad avanzada perciben, en mediana, sólo 350 Bs por mes (0,16 SM), ingresos que provienen principalmente de la renta dignidad; en cambio, el ingreso no laboral de los inactivos jubilados asciende a 3,400 Bs en mediana (1,57 SM).

Un análisis más profundo de las desigualdades con base en el modelo de regresión cuantil, modelo que permite analizar las desigualdades a través de toda la distribución de ingresos y controlar el efecto de otras variables, arroja resultados importantes. A saber: (i) los ingresos de adultos mayores económicamente activos - básicamente los ocupados - son significativamente superiores a los que perciben los inactivos, superioridad que se registra en todos los niveles de ingresos y que se amplía aún más en niveles de ingresos altos; (ii) los ingresos de las amas de casa y de los de edad avanzada son significativamente inferiores a los que reciben los ocupados en todos los niveles de ingresos; (iii) los ingresos de los pobres son significativamente inferiores a los percibidos por los no pobres a través de todos los niveles de ingresos, brechas que se amplían continuamente en niveles altos de ingresos; (iv) un resultado muy importante se refiere a que el efecto de la educación sobre el ingreso crece continuamente a medida que los ingresos pasan de niveles bajos a niveles

altos, efecto que es mucho mayor en niveles de ingresos altos; (v) también es importante remarcar que, luego de controlar el efecto de otras variables, no existen brechas significativas entre los ingresos de hombres y mujeres; (vi) y lo propio acontece con la edad de los adultos mayores, no existen brechas intergeneracionales en cuanto a los ingresos totales.

En suma, además de que los ingresos de una mayoría de los adultos mayores, sean activos o inactivos económicamente, son bajos, inferiores a un salario mínimo, se constata la existencia de importantes desigualdades o brechas. Las amas de casa, las personas que declaran ser inactivas por tener edad avanzada, buena parte de los inactivos jubilados y los trabajadores informales, son grupos de adultos mayores cuyos ingresos se encuentran entre los más bajos, inferiores a la mitad de un salario mínimo. Claramente, estos niveles de ingresos son insuficientes para satisfacer las necesidades básicas tanto alimentarias como no alimentarias, y son insuficientes para garantizar el derecho que tienen la personas adultas mayores a su seguridad económica.

5. DISCUSIÓN

Dos aspectos de esta investigación que merecen atención, son: Primero, la importancia de tomar en cuenta en el diseño y ejecución de las políticas públicas el envejecimiento de la población boliviana y, entre ellos, garantizar la seguridad económica de una cada vez mayor población adulta. Con base en las proyecciones de población realizadas por el CELADE (CELADE, 2024), entre 2024 y 2050 la población adulta mayor boliviana pasará de alrededor de 1,055,000 personas a aproximadamente 2,336,000 personas, un incremento entorno de 1,281,000 adultos mayores en los próximos 26 años, lo que significa que la población adulta mayor

dentro de 26 años será más del doble de la actual - 2,2 veces más. Es claro que este cambio en la estructura etaria de la población boliviana conlleva retos importantes en materia de políticas públicas. De acuerdo a los resultados de la presente investigación, los ingresos mensuales de gran parte de los adultos mayores, sean activos o inactivos económicamente, son inferiores a un salario mínimo, monto insuficiente para satisfacer las necesidades básicas de alimentación y de otros rubros. La renta dignidad, si bien beneficia a casi todos los adultos mayores, no permite cubrir todas esas necesidades básicas.

Esta insuficiencia de ingresos es consecuencia de muchos factores, siendo uno de ellos la informalidad laboral. Nueve de cada diez adultos mayores ocupados trabajan de manera informal, con ingresos, en mediana, equivalente a la mitad de un salario mínimo. Otro factor importante tiene que ver con la exclusión social. Muchos de los adultos mayores, en el pasado, carecieron de oportunidades para culminar la educación secundaria, peor aún la educación superior. Consecuencia de esa exclusión en el pasado, y de otros factores, en la actualidad una fracción importante de los adultos mayores inactivos no percibe una pensión por jubilación, sólo percibe la renta dignidad, consistente en tan sólo un poco más de la décima parte de un salario mínimo, como es el caso de las mujeres adultas dedicadas a labores domésticas y de personas inactivas de edad avanzada. Producto, en parte, de esa exclusión, estos dos grupos de adultos mayores tienen muy bajos niveles de educación, 5,5 años de educación para las adultas inactivas dedicadas a quehaceres del hogar y 4,0 años de educación para las personas inactivas de edad avanzada.

En adelante, si no se producen progresos

importantes en lo social y en lo económico, los sistemas de protección social orientados a los adultos mayores - los sistemas de pensiones contributivos y no contributivos, y los sistemas de salud - no podrán ser sostenibles financieramente debido al rápido envejecimiento de la población. Entonces, ¿qué acciones tomar en adelante? Algunas de esas acciones son: (i) asegurar que los actuales niños y jóvenes logren la educación superior, incluido la educación técnica, además de recibir una educación de calidad, esto porque se tiene evidencia científica de que, en la vejez, los adultos mayores con educación superior tienen los mejores índices de calidad de vida, incluido los más altos ingresos; (ii) crear las bases para una transición gradual hacia los empleos formales y dignos, pues también se tiene evidencia de que el ingreso mediano en empleos formales es casi cinco veces más que en trabajos informales; (iii) diseñar políticas y programas para aprovechar el bono demográfico, bono que, según estimaciones de la CEPAL (CEPAL, 2024), en Bolivia terminará antes del año 2050; (iv) e incrementar los montos y focalizar - sin sesgo político - los grupos de

adultos mayores beneficiarios de pensiones no contributivas.

Segundo, con relación a la regresión cuantil, esta técnica tiene ventajas sobre regresión clásica porque es robusta a *outliers* y, además, permite analizar las desigualdades en ingresos a través de toda su distribución, mientras regresión clásica no es robusta a los valores atípicos y sólo permite analizar las desigualdades en un único punto de la distribución de ingresos, su promedio. Este tipo de análisis es más apropiado para fines de orientar las políticas públicas y programas, puesto que, por ejemplo, el conocimiento de que no hay desigualdades en niveles bajos de los ingresos y sí en niveles altos, permite una mejor focalización de la población objetivo y, por tanto, mayor eficacia en la reducción de las desigualdades.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aranco N., Bosch M., Stampini M., Herrera A., Goyeneche L., Ibararán P., Oliveira D., Reyes Retana M., Savedoff W., Torres R. (2022). Envejecer en América Latina y el Caribe: Protección Social y Calidad de Vida de las Personas Mayores. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cameron A. C., Trivedi P. K. (2010). *Microeconometrics Using Stata*. StataCorp LP.
- Coa C.R., Loza, C.P. (2024). Desigualdades en Calidad de Vida de los Adultos Mayores Bolivianos. La educación un Factor Clave. [Revista Varianza 23, pág. 1-23](#).
- Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, CELADE. (2024). Estimaciones y proyecciones de la fuerza de trabajo: Revisión 2024, edición Online. División de Población de la CEPAL y Naciones Unidas.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2004). Población, Envejecimiento y Desarrollo. Trigésimo período de sesiones de la CEPAL.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2013). Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2022). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. (LC/PUB.2022/21-P), Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2024). Población, Desarrollo y Derechos en América Latina y el Caribe: Propuesta de Segundo Informe Regional sobre la Implementación del Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo, Santiago, Chile.
- Espejo A. (2022). Informalidad Laboral en América Latina: Propuesta Metodológica para su Identificación a Nivel Subnacional. Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/6), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Guzmán J.M. (2002). Envejecimiento y Desarrollo en América Latina y el Caribe. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) – División de Población.
- Huenchuan S. (ed.). (2018). Envejecimiento, Personas Mayores y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: Perspectiva Regional y de Derechos Humanos. Libros de la CEPAL, N° 154.
- Naciones Unidas. (2003). Declaración Política y Plan de Acción Internacional de Madrid sobre el Envejecimiento. Segunda Asamblea Mundial sobre el Envejecimiento.
- Organización Internacional del Trabajo, OIT. (2013). La Medición de la Informalidad: Manual Estadístico sobre el Sector Informal y el Empleo Informal. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra.
- Organización de los Estados Americanos, OEA. (2015). Convención Interamericana sobre la Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores. Washington, D.C., Estados Unidos
- Vicéns Otero J. Sánchez Reyes, Y. (2012). Regresión Cuantílica: Estimación y Contrastes. Instituto L.R.Klein – Centro Gauss, Facultad de CC.EE. y EE, Universidad Autónoma de Madrid

Desigualdades en los ingresos de adultos mayores bolivianos

ANEXO

Cuadro 2A

Bolivia: Ingresos medianos mensuales de la población adulta mayor ocupada por tipo de ocupación principal según características seleccionadas, 2021 (en bolivianos)

Característica	Grupo de ocupación principal									Ingreso mediano total
	Directivo (a)	Profesional (b)	Técnico (c)	Empleado (d)	Servicios (e)	Agricultura (f)	Construcción (g)	Operador (h)	No Calificado (i)	
Grupo de edad										
60-69	[7,392	5,882	[5,248	na	2,082	1,020	2,948	3,944	2,515	2,350
70-79	na	na	na	na	1,866	882	2,667	na	na	1,198
80-98	na	na	-	-	na	850	na	na	na	894
Sexo										
Hombre	na	5,500	[5,565	na	1,946	1,046	3,150	3,944	[2,383	2,150
Mujer	na	6,014	na	na	1,964	790	1,519	na	[2,257	1,568
Residencia										
Urbana	[6,583	5,720	5,248	na	2,295	1,530	2,990	3,944	2,383	3,000
Rural	na	na	na	-	1,552	925	2,300	na	na	1,028
Educación										
Sin educación	-	-	na	-	1,433	642	[1,216	na	na	823
Primaria	na	-	na	na	1,774	1,000	3,281	[3,987	2,117	1,559
Secundaria	na	na	na	na	2,815	1,387	2,767	3,350	na	2,694
Superior	na	5,882	[5,908	na	[3,468	na	[2,825	na	na	5,438
Condición de pobreza										
No pobre	[6,973	5,882	5,248	na	2,295	1,400	2,980	3,944	2,383	2,623
Pobre	-	na	-	-	1,000	617	1,933	na	na	708
Total	[6,973	5,835	5,248	na	1,952	950	2,868	3,944	2,383	1,866

Fuente: Elaboración propia

(a) Directivos de Administración Pública y Empresas

(b) Profesionales científicos e intelectuales

(c) Técnicos de Nivel Medio

(d) Empleados de oficina

(e) Trabajadores de Servicio y Vendedores

(f) Trabajadores en Agricultura, Pecuaria, Pesca y otros

(g) Trabajadores de la Construcción, Ind. Manufacturera y Otros

(h) Operadores de Instalaciones y Maquinarias

(i) Trabajadores No Calificados

na: no aplicable, número de casos sin ponderar inferior a 25

Valores precedidos por un corchete se basan en 25 a 49 casos sin ponderar

-no existen casos

Cuadro 6A

Bolivia: Porcentaje promedio que representa la fuente de ingreso no laboral de los adultos mayores inactivos con relación a su ingreso no laboral total, 2021

Fuente de ingreso no laboral	Porcentaje promedio	Porcentaje de inactivos
Jubilación	84,0	30,4
Viudez	73,0	4,2
Renta dignidad	58,0	98,3
Rentas (a)	46,0	11,5
Asistencia (b)	42,0	23,2
Bonos (c)	6,0	6,2
Remesas (d)	43,0	4,9

Fuente: Elaboración propia

(a) Intereses de préstamos, alquileres y otros

(b) asistencia familiar, dinero o alimentos de otras personas

(c) bonos sociales en dinero o especie

(d) dinero o encomiendas del exterior

Cuadro 7A

Bolivia: Porcentaje promedio que representa la fuente de ingreso no laboral de adultos mayores jubilados con relación a su ingreso no laboral total, 2021

Fuente de ingreso no laboral	Porcentaje promedio	Porcentaje de jubilados
Jubilación	84,0	100,0
Viudez	29,0	1,0
Renta dignidad	10,0	96,3
Rentas (a)	31,0	13,1
Indemnización	26,0	0,6
Asistencia económica (b)	15,0	8,9
Bonos (c)	1,0	3,3
Remesas (d)	23,0	3,3

Fuente: Elaboración propia

(a) Intereses de préstamos, alquileres y otros

(b) Asistencia familiar, dinero o alimentos de otras personas

(c) Bonos sociales en dinero o especie

(d) Dinero o encomiendas del exterior

ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO APLICADO A LA MEDICIÓN DE RIESGO DE LIQUIDEZ

DYNAMIC FACTOR ANALYSIS APPLIED TO THE MEASUREMENT OF LIQUIDITY RISK

Ronal Edwin Condori Huanca¹

Ministerio de Economía, Consultor, La Paz-Bolivia

✉ ronal.c.huanca@gmail.com

Artículo recibido: 23/08/2024

Artículo aceptado: 20/09/2024

RESUMEN

Actualmente, hechos como la intervención del Banco Fassil en 2023 ponen en el centro de atención el monitoreo de indicadores de riesgos financieros, siendo el riesgo de liquidez uno de los más importantes. Esta tarea ha sido abordada en el medio nacional mediante técnicas muy variadas; sin embargo, la vasta cantidad de estas mediciones requiere la aplicación de métodos multivariados de reducción de dimensión, como el análisis factorial. Este método es denominado análisis factorial dinámico por considerar la dimensión temporal. Su aplicación para cuantificar un proxy del riesgo de liquidez en los Bancos Múltiples permitió cuantificar un indicador proxy del riesgo de liquidez, el cual explica el 36% de la varianza de los indicadores financieros analizados y, además, permite dar alertas tempranas sobre riesgos de liquidez latentes previos.

Palabras clave: Factorial dinámico, Sistema financiero, Método multivariante.

ABSTRACT

Currently, events such as the intervention of Banco Fassil in 2023 put the monitoring of financial risk indicators in the spotlight, with liquidity risk being one of the most important. This task has been addressed in the national environment through a wide variety of techniques; however, the vast amount of these measurements requires the application of multivariate dimension reduction methods, such as factor analysis. This method is called dynamic factor analysis because it considers the time dimension. Its application to quantify a proxy of liquidity risk in Multiple Banks allowed quantifying a proxy indicator of liquidity risk, which explains 36% of the variance of the financial indicators analyzed and, in addition, allows early warnings on previous latent liquidity risks.

Keywords: Dynamic factorial, Financial system, Multivariate method.

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Financiero de Bolivia ha venido afrontando diversos desafíos que ha sabido sobrellevar de una u otra manera. Sin embargo, hechos como la intervención del ex Banco Fassil ha sido, en la última década, uno de los mayores retos que pudo haber acontecido, donde los indicadores financieros habituales habrían levantado muy pocas

alertas entre los inversores, las autoridades y más que todo en el público en general.

A nivel global, el área financiera es una de las que más métricas cuantitativas ha desarrollado, debido a que las crisis financieras son de los eventos más estudiados a nivel mundial. Pero aun así, con tantos indicadores monitoreados, si elegimos un conjunto reducido de indicadores financieros validados por grupos de expertos,

¹ Profesional/consultor en Estadística(s), candidato al Doctorado en Políticas Públicas de la UMSA, ha ejercido laboralmente en el área de estadística de entidades públicas y privadas para la elaboración de estadísticas e indicadores. <https://orcid.org/0000-0003-2557-7079>

seguramente habría críticas en la omisión de algunos.

Por otro lado, manejar e interpretar todos los indicadores sería una tarea titánica y caótica, debido a la variedad de estos, y sumado a esto, la frecuencia con la cual estos se miden (anuales, semestrales, trimestrales, mensuales, semanales, etc.) multiplica dicha tarea de monitoreo.

Por esta razón, reducir la dimensionalidad o la cantidad de indicadores parece una idea muy razonable, más aún con ayuda de metodologías estadísticas multivariadas.

Es para este tipo de objetivos, el de reducir la dimensionalidad de los indicadores o variables, que perfectamente encajan los métodos multivariantes clásicos como son el análisis factorial o componentes principales, los cuales fueron diseñados para este propósito.

Sin embargo, estas técnicas tienen limitantes a la hora de aplicar de forma inmediata a variables o indicadores que se miden de forma temporal. Particularmente, la más importante es que la estructura de covarianza y las relaciones entre las variables son estáticas y no cambian en el tiempo.

Los riesgos que afrontan las entidades financieras suelen agruparse en riesgos: de mercado, de Crédito, de Liquidez, Operacional y Legal (Gaytan, 2018). De entre estos, el que más interés consigue es el Riesgo de Liquidez, el cual se da cuando: "... una entidad no tiene los fondos líquidos suficientes para cumplir con sus obligaciones financieras..." (Olmos & Ortega, 2016).

La literatura nacional en la medición de riesgos de liquidez se centra en el planteamiento de modelos como: regresión lineal múltiple (Arratia-Altamirano, 2016), Vectores Auto

Regresivos (VAR) (Poma-Callisaya, 2023), el uso variantes de la metodología Valor en Riesgo (VaR) (Olmos & Ortega, 2016) o centrarse en casos de bancos específicos con carácter descriptivo (López, 2023).

Destaca el trabajo sobre Análisis Factorial Robusto, para alertas tempranas, obteniendo resultados muy prometedores, aunque no incluyendo aspectos temporales de los indicadores financieros, pero en un diagnóstico puntual solo para la gestión 2003 (Gonzales Martínez, 2011).

Si bien el Análisis Factorial (AF) convencional fue esbozado en un ámbito de la psicología y las ciencias sociales (Spearman, 1904) o aplicaciones al área electrónica (Kaiser, 1960), el mismo se estableció plenamente desde los años 70s (Harman, 1976), el cual posee la siguiente estructura respecto a sus variables y parámetros a ser manejados:

$$X - \mu = \lambda * F + U \quad (1)$$

$$\Sigma = \lambda * \lambda' + \Psi \quad (2)$$

Donde:

- X Es un vector de p las variables observables de forma directa $X=(x_1, x_2, \dots, x_p)$.
- F Es un vector de m variables denominados factores no observables $F=(f_1, f_2, \dots, f_m)$.
- λ Es una matriz de constantes fijas que denotara las cargas factoriales $\lambda_{p \times m}$.
- μ Es el vector de medias de X , es decir: $E[X]=\mu$.
- U es el vector de perturbaciones no explicadas por los factores
- Σ Es la matriz de varianzas y covarianzas de X , es decir: $V[X]=\Sigma=[\sigma_{ij}]$
- Ψ Es la matriz de varianzas de U , es decir: $V[U]=\Psi$, particularmente es de forma diagonal con $\Psi=[\psi_{ij}^2]$

Análisis factorial dinámico aplicado a la medición de riesgo de liquidez

En el caso univariado, para la i -ésima variable del conjunto de p variables observables se puede expresar como:

$$x_i - \mu_i = l_{i1} * f_1 + \dots + l_{im} * f_m + u_i \quad (3)$$

Bajo esta estructura, las críticas para poder usar dicho modelo en datos temporales son la rigidez en Σ , la cual va modificándose en diversa medida conforme pasa el tiempo.

Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación es construir un indicador de riesgo de liquidez, mediante la aplicación del Análisis Factorial Dinámico, utilizando un conjunto amplio de indicadores financieros de los Bancos Múltiples del Sistema Financiero comprendidos en el periodo enero 2011 a mayo de 2024, a fin de monitorear y alertar los riesgos latentes previos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ANÁLISIS FACTORIAL DINÁMICO

Una primera aproximación al análisis factorial dinámico fue descrito por Sargents (1977), el cual encontró evidencia de la relación temporal de variables económicas como el PIB, consumo, desempleo, etc., para extraer patrones subyacentes en datos económicos que influyen diferentes ciclos económicos (Sargent & Sims, 1977).

El modelo factorial dinámico (MFD) se establece de manera semejante al análisis factorial convencional, estableciendo las siguientes ecuaciones básicas:

$$X_t = \lambda(L) * F_t + U_t \quad (4)$$

$$F_t = A(L) * F_{t-1} + H_t \quad (5)$$

Con los vectores X_t y U_t como vectores p dimensionales, por lo cual los otros dos vectores F_t y H_t son m dimensionales.

Asimismo, los valores $\lambda(L)$ y $A(L)$ son polinomios de rezagos de dimensiones $p \times m$ y $m \times m$, con lo cual el coeficiente i -ésimo representa el i -ésimo rezago en cada polinomio respectivo.

Una variante denominada del (MFD) es la forma estática, la cual se plantea como:

$$X_t = \lambda * F_t + U_t \quad (6)$$

$$F_t = A * F_{t-1} + H_t \quad (7)$$

Esta particularidad, al simplificar los polinomios de las ecuaciones 4 y 5, permite que la ecuación (7) se logra evidenciar que es la forma de un Vector Auto Regresivo de primer orden VAR(1).

Cabe aclarar que la matriz λ , representa las cargas factoriales, las cuales son las relaciones entre las variables medibles X y las variables no medibles o latentes F .

También se han determinado variantes o extensiones del MFD, en un sentido estructural, al incluir variables dependientes X en el lado izquierdo de las primeras ecuaciones (Stock & Watson, 2002).

Número de factores

En el análisis factorial convencional, el número de factores a ser extraído suele ser testeado principalmente: i) Eigenvalores, ii) Gráfico de cargas, iii) Porcentaje de varianza explicada (VE), este último se define en función de los autovalores a_k como:

$$VE_k = \frac{\sum_{i=1}^k a_k}{k} * 100 \quad (8)$$

En el análisis factorial dinámico, esta última regla se centra en los autovalores c_i , los cuales deben cumplir: $c_{i-1} \leq c_i$ que corresponden a la matriz de varianzas y covarianzas Σ_H de los errores de H_t para la ecuación

(7), los cuales conforman los índices:

$$D_k = \left[\frac{c_k^2}{\sum_{i=1}^m c_i^2} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Métodos de Estimación

Para poder estimar los parámetros asociados a las ecuaciones (6) y (7) lo convencional es asumir la existencia de ruido blanco multivariante en los términos $U_t \sim N_p(0; \Sigma_\varepsilon)$ y $H_t \sim N_m(0; \Sigma_H)$.

Se tienen diversos métodos de estimación de los parámetros del MFD (Mosley, Chan, & Gibberd, 2023), entre los cuales destacan:

- Análisis de Componentes Principales Generalizadas (ACP).
- Dos etapas.
- *Expectation Maximisation (EM)*.
- *Expectation Maximisation – sparsed (EM-sparsed)*.

Dado que se optó por el primer método, se detalla el planteamiento del mismo, el cual comparte mucho con el ACP estático, pero sobre la variable temporal, al minimizar la siguiente expresión en términos de F y λ :

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (X_t - \lambda F_t)' \Sigma_H^{-1} (X_t - \lambda F_t) \quad (10)$$

2.2. INDICADORES FINANCIEROS

La información analizada proviene del portal web² de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI).

Para no caer en la falacia de autoridad o sofisma del populismo o centrarse sólo en un conjunto recomendado por algún autor, se han de incluir todos los indicadores disponibles reportados periódicamente en la sección de liquidez.

² Portal web oficial: <https://www.asfi.gob.bo/index.php/int-financiera.html>

Asimismo, se añadirán una serie de indicadores utilizados en el análisis factorial robusto planteado por Gonzales (2011), los cuales generan el siguiente conjunto de indicadores:

Estos indicadores poseen continuidad en su medición en el periodo enero 2011 a mayo 2024.

Cabe aclarar que la mayoría de los indicadores son del tipo razón a/b, con lo cual es evidente que hay indicadores que comparten componentes en su numerador o denominador, esto puede entenderse como una presencia de multicolinealidad, con lo cual las mismas podrán ser eliminadas posteriormente, previa su evaluación.

Tabla 1: Indicadores Financieros a ser incluidos.

Temática / indicador	var.
Liquidez	
Disponib./Oblig.a Corto Plazo	li_1
Disponib.+Inv.Temp./Oblig.a Corto Plazo	li_2
Disponib.+Inv.Temp./Pasivo	li_3
Disponib.+Inv.Temporarias/Activo	li_4
Otros indicadores	
Cartera reprogramada o reestructurada/ Cartera	cc_2
Cartera Vencida Total+Ejecución Total /Cartera	cc_3
Disponib. / Activos	ea_1
Activo improductivo/Patrimonio	ef_4
Días de permanencia de los depósitos a plazo fijo	eo_3
Oblig.con el Público/Pasivo+Patrimonio	ep_1
Gastos Financieros/Pasivos con costo promedio	re_3
Resultado Financiero Bruto / (Activo + Contingente)	rn_1
Cartera Vencida Total + Ejecución Total / Patrimonio	so_3
Coefficiente de Adecuación Patrimonial	so_6

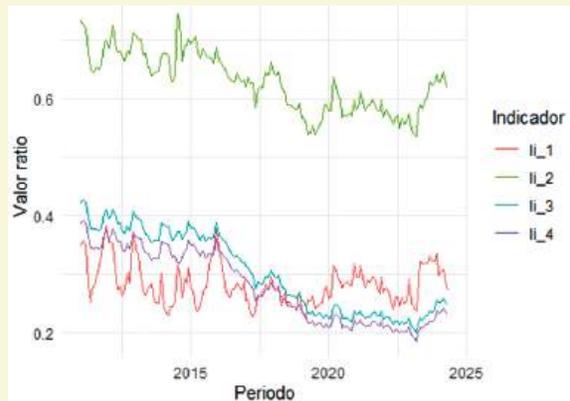
Fuente: Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero

3. RESULTADOS

El comportamiento temporal de las variables originales es muy variado (Figura 1), considerando que es tomado del total agregado de los bancos múltiples, que suele tener variaciones debido al ingreso de bancos nuevos, cambios, fusiones, compras, intervenciones y posterior transferencia de carteras, etc. (Los Tiempos, 2012; ANF, 2016; PRODEM, 2015; La Razón, 2023).

Análisis factorial dinámico aplicado a la medición de riesgo de liquidez

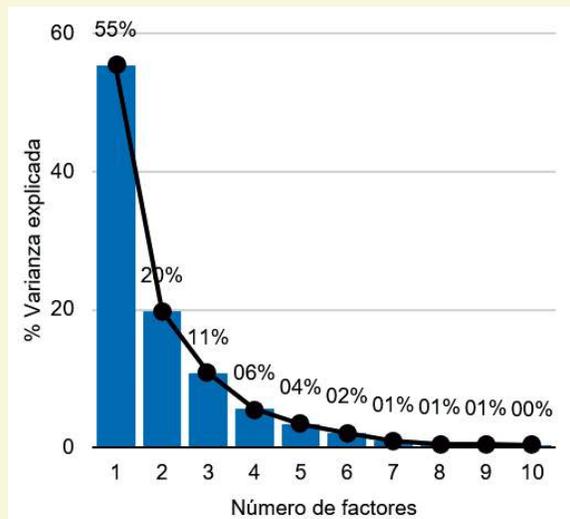
Figura 1: Series de tiempo de indicadores de liquidez para los Bancos Múltiples, 2010 - 2023



Fuente: Elaboración Propia.

Con fines comparativos se realizó en paralelo el análisis factorial convencional, del cual se obtienen los siguientes resultados:

Figura 2: Varianza explicada bajo un Modelo Factorial Convencional



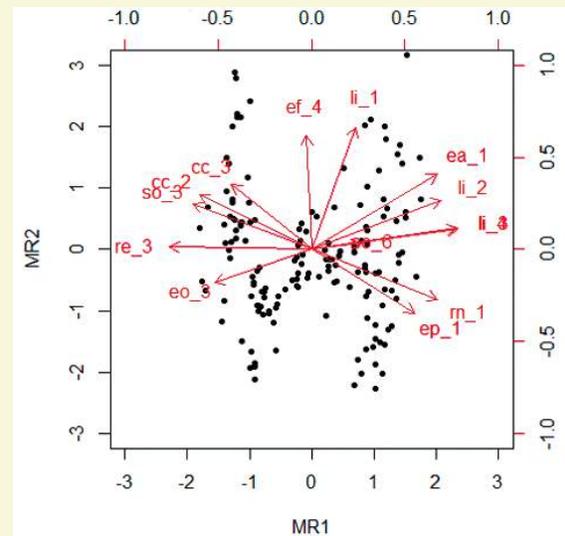
Fuente: Elaboración Propia.

En este modelo convencional, con sólo el primer factor ya concentra el 55.3% de la varianza y el segundo con 19.8%.

Asimismo en el *biplot* (Figura 3) se evidencia que el tipo de correlación de los indicadores de liquidez (li) con los dos principales factores, lo cual ubica a estos indicadores en el primer cuadrante, destacando que el primer indicador de liquidez como son las

disponibilidades / obligaciones a corto plazo, que comúnmente se denominan “Razón de Liquidez Inmediata o Prueba Ácida” está altamente correlacionado con el segundo factor, en cambio, los otros tres indicadores están más correlacionados con el primer factor.

Figura 3: Bi Plot bajo un Modelo Factorial Convencional



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2: Cargas factoriales convencionales y dinámicas.

variable	Factores convencionales			Factores dinámicos		
	fc1	fc2	fc3	fd1	fd2	fd3
li_1	0.29	0.81	-0.18	0.39	0.03	-0.05
li_2	0.87	0.34	0.20	0.31	0.24	-0.18
li_3	0.97	0.15	0.10	0.39	0.01	0.00
li_4	0.97	0.15	0.08	0.38	-0.14	0.06
cc_2	-0.75	0.35	-0.02	0.00	0.02	0.13
cc_3	-0.56	0.48	0.51	-0.20	-0.33	-0.38
ea_1	0.83	0.51	-0.13	0.40	-0.12	0.06
ef_4	-0.04	0.87	-0.50	0.39	-0.22	0.06
eo_3	-0.66	-0.24	-0.38	-0.09	-0.20	0.50
ep_1	0.70	-0.44	-0.37	-0.11	-0.12	0.48
re_3	-0.95	0.00	-0.09	-0.16	0.27	0.27
m_1	0.85	-0.33	0.25	-0.10	0.54	0.04
so_3	-0.82	0.32	0.42	-0.21	-0.31	-0.42
so_6	0.33	0.04	0.34	0.06	0.49	-0.25

Fuente: Elaboración Propia.

Algunos indicadores como el ratio de

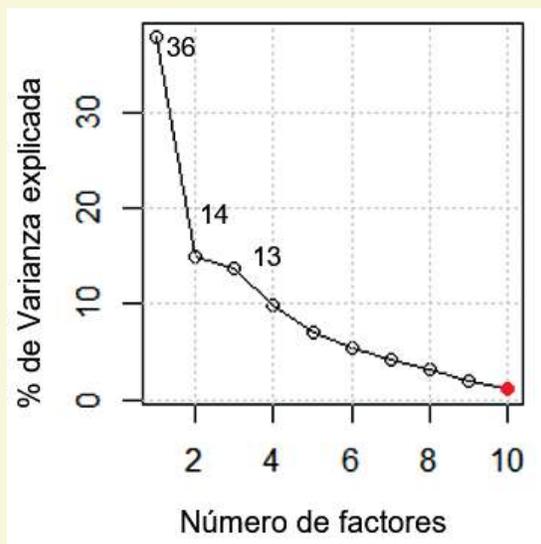
disponibilidad (ea_t) también se relacionan positivamente con el primer factor, o el índice de activos improductivos (ef_t) el cual es correlacionado con el segundo factor.

De entre el resto de indicadores, están relacionados negativamente con el primer factor, siendo aparentemente adversos a este *proxy* del factor de liquidez.

Estimación de parámetros MFD

Con fines comparativos, se usó el mismo número de factores planteados anteriormente e implementó la estimación de PCA. Los mismos arrojaron los siguientes resultados para los primeros 3 factores y comparados con el análisis convencional se evidencian diferencias notables en las cargas factoriales (Tabla 2).

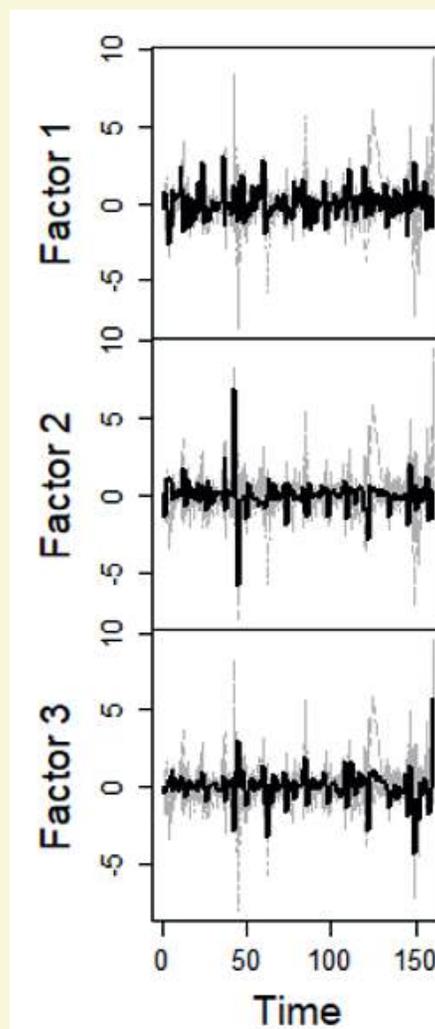
Figura 4: Varianza explicada bajo un Modelo Factorial Dinámico



Fuente: Elaboración Propia.

Tan solo observando las cargas del primer factor convencional comparado con el primer factor dinámico, se evidencia una disminución en las cargas para las variables de liquidez, pero manteniendo los signos, consecuentemente, el resto de variables mantiene su estructura de relación de correspondencia, entre otras diferencias.

Figura 5: Cargas factoriales dinámicas estimadas



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez extraídos los factores dinámicos, entre los cuales sus 3 primeros capturan un 36%, 14% y 13% de la varianza total, además de que su comportamiento temporal está asociado entre sí. Particularmente para estos primeros factores, sus puntajes estimados oscilan entre -5 a 5 (figura 5).

El factor dinámico 1 al estar compuesto con una mayor cantidad de cargas positivas de los cuatro indicadores de Liquidez con cargas y que las denominaremos ahora como ponderadores $w_L=(0.39,0.31,0.39,0.38)$ y complementado por el resto de indicadores financieros (x) y sus cargas factoriales, los cuales pueden ser usados como *proxy* de

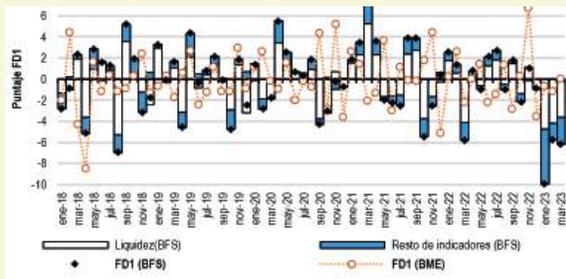
Análisis factorial dinámico aplicado a la medición de riesgo de liquidez

riesgo de liquidez, definido como:

$$R_1 = \sum_{j=1}^4 w_j * l_{1j} + \sum_{j=5}^{15} l_{1j} * x_j$$

Para describir más detalladamente tomaremos el caso particular del ex Banco Fassil (BFS) el cual, desde abril de 2021, ha tenido puntajes bajos tanto en la parte de liquidez como en el resto de variables financieras.

Figura 6: Cargas factoriales dinámicas estimadas para el ex Banco Fassil (BFS) y Banco Mercantil Santa Cruz (BME)



Fuente: Elaboración Propia.

Si bien en algunos meses posteriores a julio de 2021, este puntaje factorial se recupera, esto se debe diversos factores que la ex entidad tomo, como es el caso de los depósitos a plazo fijo (DPF) los cuales ofertaban con una tasa de interés de entre 6% a 8% a plazos de 60 días o 1 año cuando el resto de entidades reportaban tasas muy por debajo de estas (BCB, 2021) u otros como la colocación de fondos en DPF o bonos bancarios bursátiles (Correo del Sur, 2023).

De forma paralela se tomó al Banco Mercantil Santa Cruz (BME), el cual cuenta con más de 100 años de antigüedad y ostenta el 2do lugar en depósitos, comparado con el BFS el cual ocupaba 4to lugar para finales de 2022.

Tal como se muestra en la figura 6, las cargas factoriales del BME, evidencian oscilaciones variadas en el mismo periodo, particularmente en el periodo de abril de 2021 el BME puede recuperarse más rápidamente que el BFS, recuperando su comportamiento oscilante.

Sin embargo, aun siendo uno de los bancos más grandes, su carga factorial fue afectada negativamente desde enero de 2023, período el cual el BFS ya presentaba niveles de riesgo desmesurados.

4. DISCUSIÓN

Considerando todo lo obtenido, se plantean las siguientes líneas de discusión:

- Comparar los diferentes métodos de estimación del MDF merece un desarrollo más extenso debido a la diversidad de consideraciones que se deben tomar, lo cual no se pudo realizar.
- Incluir eventos como las fusiones, intervenciones, cierres o ingreso de bancos como una variable, serían de más interés en el análisis de efectos sobre los factores obtenidos.
- Las rotaciones que se realizan en un AF convencional y MFD, suelen mejorar los resultados; sin embargo, no se pudo realizarla debido al carácter exploratorio de la aplicación.
- Estrategias como el análisis *clúster* temporal surgen como alternativa para reducir aún más la dimensión de los indicadores que serán incluidos, los cuales escapan por ahora su desarrollo.

5. CONCLUSIONES

Se pudieron obtener parámetros de MFD bastante diferentes al AF, principalmente en la magnitud de estos y particularmente en el 1er factor, se puede definir como una combinación lineal:

- F1(convencional): +liquidez -cartera +/-solvencia +... .
- F1(dinámico): +liquidez + estructura de activos + estructura financiera +....

Se evidencia que al asumir a estos dos

factores en cada modelo factorial como *proxys* de la calidad de del riesgo de liquidez, es el AFD el cual asigna una ponderación o cargas balanceadas en los 4 indicadores, pero el AF convencional reduce la importancia del primer indicador de liquidez.

En ambos modelos, el porcentaje de varianza explicada por los factores es bastante aceptable (55% para el AF convencional y 36% en el AFD).

Evaluando particularmente al ex Banco

Fassil, se cuantificó el riesgo de liquidez a través del 1er factor dinámico, el cual ya alertaba de problemas desde mayo de 2021 y desde diciembre de 2022 hasta su cierre en marzo de 2023, este 1er factor dinámico no se había recuperado.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no hay conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANF. (8 de Octubre de 2016). Banco Mercantil se consolida tras absorber a la mutual La Paz y ahora compra Banco Los Andes. Noticias Fides. Obtenido de <https://www.noticiasfides.com/economia/banco-mercantil-se-consolida-tras-absorber-a-la-mutual-la-paz-ahora-compra-banco-los-andes--371300-371192>
- Arratia-Altamirano, E. (2016). ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE LIQUIDEZ EN EL SISTEMA BANCARIO BOLIVIANO. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8535/T-2203.pdf?sequence=1>
- BCB. (13 de agosto de 2021). Banco Central de Bolivia. Obtenido de Tasas de Interés Anuales Efectivas: https://www.bcb.gob.bo/webdocs/tasas_interes/08_13_21.pdf
- Correo del Sur. (05 de mayo de 2023). Obtenido de AFPs invirtieron fondos de jubilación en Fassil: https://correodelsur.com/economia/20230505_afps-invirtieron-fondos-de-jubilacion-en-fassil.html
- Gaytan, J. (2018). Clasificación de los Riesgos Financieros. Mercados y Negocios, Nro 38, 123-132.
- Gonzales Martínez, R. (2011). Un Modelo de Alerta Temprana basado en Análisis Factorial Robusto y Funciones Discriminantes Bayesianas - Una vAplicación al Sistema Financiero de Bolivia. Banco Central de Bolivia.
- Harman, H. (1976). Modern factor analysis. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Kaiser, H. (1960). The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. Educational and Psychological Measurement, 20, 141-151. doi:[10.1177/001316446002000116](https://doi.org/10.1177/001316446002000116)
- LaRazon. (26 de abril de 2023). La Asfi interviene el Banco Fassil. La Razon. Obtenido de <https://www.la-razon.com/economia/2023/04/26/la-asfi-interviene-el-banco-fassil/>
- López, E. (2023). Causas y efectos de la intervención financiera al Banco Fassil S.A. en Bolivia. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Volumen 7, Nro 3, 9427-9450. Obtenido de <https://www.google.com/>

Análisis factorial dinámico aplicado a la medición de riesgo de liquidez

- url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/6825/10379/&ved=2ahUKEwiP14b5yOGHAXWIE7kGHT400A4ChAWegQIIRAB&usg=AOvVaw1jEFjR1U0BpQcs6WXWDDMf
- Los Tiempos. (12 de diciembre de 2012). Fortaleza se convierte en Banco. Los Tiempos. Obtenido de <https://www.lostiempos.com/actualidad/economia/20121221/fortaleza-se-convierte-banco>
- Mosley, L., Chan, T.-S., & Gibberd, A. (2023). sparseDFM: An R Package to Estimate Dynamic Factor Models with Sparse Loadings. Department of Mathematics and Statistics, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YW. doi:[10.32614/CRAN.package.sparseDFM](https://doi.org/10.32614/CRAN.package.sparseDFM)
- Olmos, R., & Ortega, C. (2016). Volatilidad de los depósitos y medición del riesgo de liquidez en el mercado financiero boliviano. Banco Central de Bolivia. Obtenido de <https://www.bcb.gob.bo/eeb/sites/default/files/9eeb/archivos/Jueves/502/Volatilidad%20de%20los%20depositos%20y%20medicion%20del%20riesgo%20de%20liquidez%20en%20el%20mercado%20financiero%20boliviano.pdf>
- Poma-Callisaya, L. (2023). *OPERACIONES DE MERCADO ABIERTO Y RIESGO DE LIQUIDEZ EN ENTIDADES DE INTERMEDIACIÓN FINANCIERA DE BOLIVIA, 2000-2021*. LaPaz: Universidad Mayor de San Andres. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/32942/T-2791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PRODEM. (26 de marzo de 2015). Banco Prodem. Obtenido de Informe Anual 2014 de Responsabilidad Social: https://www.prodem.bo/Images/636613317362264099memoria_prodem_2014.pdf
- Sargent, T., & Sims, C. (1977). usiness cycle modeling without pretending to have too much a priori economic theory. *New methods in business cycle research*, 1, 145-168.
- Spearman, C. (1904). General Intelligence, Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, Vol. 15, No. 2, 201-29. doi:<https://doi.org/10.2307/1412107>
- Stock, J., & Watson, M. (2002). Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes. *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol 20 N.2, 147-162. Obtenido de https://scholar.harvard.edu/files/stock/files/macroeconomic_forecasting_using_diffusion_indexes.pdf
- Tarquino Aduviri, J. (2022). Rentabilidad del portafolio del inversiones del sistema integral de pensiones. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/29991/T-2713.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DE LA QAÑAWA DETERMINANTS OF QAÑAWA PERFORMANCE

Carlos Enrique Guzmán Delgado¹

Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia

✉ charly.guzman18@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el de identificar y determinar los principales factores del rendimiento de la qañawa, con la finalidad de aportar información para su mejoramiento genético posterior. Los datos fueron obtenidos del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Alto Andinos de la localidad de Kallutaca. Mediante un análisis de regresión múltiple se seleccionaron las variables que más afectan el rendimiento de la qañawa, medida por el peso del grano. También se analizaron los coeficientes de sendero para determinar los efectos directos e indirectos de ocho variables en seis variedades de qañawa. Los resultados revelan que el número de ramas y el peso de broza son los factores más influyentes en el rendimiento de la qañawa, lo que sugiere su uso en programas de mejoramiento genético. El estudio concluye que la variación en el peso de grano está principalmente explicada por estos dos factores, lo que proporciona una base para mejorar la productividad de la especie en condiciones adversas del altiplano.

Palabras clave: Qañawa, Coeficientes de sendero, Regresión lineal

ABSTRACT

The objective of this research is to identify and determine the main factors of qañawa yield, in order to provide information for its subsequent genetic improvement. The data were obtained from the germplasm bank in the town of Kallutaca. Using a multiple regression analysis, the variables that most affect qañawa yield, measured by grain weight, were selected. Path coefficients were also analyzed to determine the direct and indirect effects of eight variables on six qañawa varieties. The results reveal that the number of branches and the weight of the brushwood are the most influential factors in qañawa yield, suggesting their use in genetic improvement programs. The study concludes that the variation in grain weight is mainly explained by these two factors, which provides a basis for improving the productivity of the species under adverse conditions of the highlands.

Keywords: Qañawa, Path coefficients, Linear regression

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, esto gracias a la variabilidad de condiciones topográficas, climáticas y ecológicas que posee. La biodiversidad de plantas en el altiplano de Bolivia es de vital importancia debido a su papel en la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas locales. Este ecosistema alberga una variedad única de especies adaptadas a las condiciones extremas de

altitud y clima, incluyendo una diversidad de plantas medicinales, alimenticias y ornamentales que son fundamentales para la subsistencia de las comunidades locales y la conservación de la cultura tradicional. Además, estas plantas desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo del agua, la protección del suelo contra la erosión y la mitigación de los efectos del cambio climático al actuar como sumideros de carbono y contribuir a la conservación de la biodiversidad a nivel global. Según CEPA

¹ Universitario de la carrera de Estadística, Universidad Mayor de San Andrés. <https://orcid.org/0009-0004-2944-6871>

(2012), la conservación y preservación de la biodiversidad de plantas en el altiplano de Bolivia es esencial para garantizar la sostenibilidad ambiental, el bienestar humano y la protección de los recursos naturales para las generaciones futuras.

Según Pinto et al. (2008), entre las especies nativas en el Altiplano se encuentra la qañawa que se cultiva entre los 3600 a 4500 m.s.n.m., en condiciones muy adversas, pero sobre todo en los alrededores del lago Titicaca. Es un grano altoandino muy importante en la alimentación de los pobladores de esta zona, donde existen cerca de 800 variedades de esta especie, conservadas en Bancos de Germoplasma administrados por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), universidades públicas y organizaciones privadas. Este grano es rico en proteínas de alta calidad, proporciona todos los aminoácidos esenciales necesarios para el cuerpo humano, lo que la convierte en una fuente completa de proteínas, crucial para la salud muscular y la función celular. Además, es una excelente fuente de fibra dietética, contribuyendo a la salud digestiva y al control del azúcar en la sangre. Su contenido en minerales como hierro, calcio y magnesio es significativo, promoviendo la salud ósea y la función metabólica. Asimismo, su riqueza en vitaminas del complejo B y vitamina E refuerza el sistema inmunológico y protege contra el estrés oxidativo.

Por la importancia que tiene este cultivo andino desde la década de los años 1970 se iniciaron colectas de semilla de diferentes ecotipos cultivados y silvestres y se conformó la colección boliviana de germoplasma de qañawa, la cual cuenta, en la actualidad con 801 variedades y forma parte del Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos, bajo la responsabilidad del Instituto Nacional de Innovación

Agropecuaria y Forestal (Pinto et al., 2008).

Una de las actividades realizadas con las variedades de germoplasma en los Bancos es la caracterización de sus variables de respuesta y determinar la expresión de sus caracteres que puedan ser utilizados para el mejoramiento genético mediante la selección de variables como el rendimiento, el contenido de proteína o la tolerancia a plagas y enfermedades.

En el campo del mejoramiento genético, la técnica de coeficientes de sendero es una herramienta importante para iniciar el proceso de mejoramiento de las especies vegetales. Estos coeficientes permiten identificar y comprender las relaciones entre diferentes caracteres fenotípicos, lo que ayuda a los mejoradores a seleccionar con mayor precisión las características deseables para el cultivo. Por ejemplo, mediante el análisis de coeficientes de sendero, es posible determinar qué características tienen un efecto directo o indirecto en el rendimiento o la resistencia a enfermedades de una planta, lo que orienta la selección de parentales para cruzamientos más eficaces (Espitia et al., 2008).

Además, los coeficientes de sendero proporcionan información valiosa sobre la relación entre caracteres secundarios y el rendimiento final del cultivo. Esto permite a los Fito mejoradores priorizar los rasgos que tienen una influencia significativa en la productividad o la calidad de la planta, facilitando así la creación de variedades con características mejoradas y adaptadas a diferentes condiciones ambientales o necesidades específicas de los agricultores. En resumen, los coeficientes de sendero son una herramienta indispensable para optimizar los programas de mejoramiento genético, contribuyendo a la creación de variedades vegetales más productivas, resistentes y adaptables (Espinoza, 2018).

El precursor del análisis de coeficientes de sendero en mejoramiento genético fue Karl Pearson, un destacado estadístico británico que realizó importantes contribuciones al campo de la genética y la estadística a fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Pearson desarrolló la teoría de la correlación y estableció las bases para el análisis de coeficientes de sendero al introducir conceptos como la covarianza y la correlación respectivamente. Su trabajo sentó las bases para comprender las relaciones entre diferentes variables y cómo influyen en los resultados en el ámbito del mejoramiento genético de plantas y otros campos de la investigación científica (Espitia et al., 2008; Espinoza, 2018).

Sewall Wrigth y Ching Chung Li hicieron grandes aportes al descubrir la manera de descomponer la correlación en componentes directos y de efectos indirectos de las variables independientes sobre las variables dependientes (Abbott, 2007).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el de identificar los principales factores del rendimiento de la qañawa, con el propósito de identificar aquellos factores que contribuyen de manera significativa en el rendimiento total de la especie, en la localidad de Kallutaca del departamento de La Paz.

Revisión de literatura

El potencial de rendimiento de una especie vegetal, es un carácter complejo, que está influenciado por los componentes del rendimiento y estos están controlados por muchos genes, cuya expresión está influenciada fuertemente por el medio ambiente.

Los coeficientes de sendero en especies de grano altoandino como la quinua y qañawa

incluyen caracteres como el número de ramas, altura de planta y el peso de 1000 semillas. La correlación entre estos caracteres y el rendimiento de grano es importante en la selección indirecta de variedades o genotipos para su mejoramiento. Una correlación significativa y positiva entre dos caracteres sugiere que ambos pueden ser mejorados simultáneamente en un programa de selección (Espitia et al., 2008; Espinoza, 2018).

El análisis de coeficientes de sendero es una técnica estadística utilizada para descomponer la correlación total entre variables en componentes directos e indirectos. Consiste en calcular los efectos directos de las variables independientes sobre una variable dependiente, así como los efectos indirectos a través de otras variables intermedias. En otras palabras, este análisis proporciona información sobre cómo una variable influye directamente en otra y cómo influye indirectamente a través de otras variables relacionadas.

Para llevar a cabo el análisis de coeficientes de sendero, primero se calculan los coeficientes de correlación entre todas las variables de interés. Luego, se estiman los efectos directos e indirectos utilizando técnicas estadísticas apropiadas, como la regresión múltiple. Este análisis es especialmente útil en el campo del mejoramiento genético de plantas y en otras disciplinas donde es crucial comprender las relaciones entre diferentes variables. Ayuda a los investigadores a identificar qué variables tienen el mayor impacto directo en una característica o fenómeno específico, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el diseño de estrategias de mejora y optimización. (Hair et al., 1992).

2. MÉTODOS Y MATERIALES

El análisis de coeficientes de sendero puede

considerarse como un caso especial de modelización de ecuaciones estructurales, en el que sólo se emplean indicadores individuales para cada una de las variables del modelo (Abbott et al., 2007).

Para variables dependientes se considerará la situación general donde la variable “y” se puede explicar cómo una combinación lineal de la siguiente forma:

$$y = x_1 + x_2 + \dots + x_p + \varepsilon \quad (1)$$

Luego, aplicando las propiedades de covarianza, tomando en cuenta que la $cov(x_i, \varepsilon) = 0$ y considerando que

$$r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \Rightarrow \sigma_{ij} = r_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (2)$$

se tendrá

$$r_{1y} = P_{1,y} + r_{1,2} P_{2,y} + \dots + r_{1,p} P_{p,y} \quad (3)$$

De donde la relación entre una variable x_i y la variable y se puede descomponer en:

- Efectos directos x_i sobre y con una cantidad.

$$P_{1,y} = \frac{\sigma_1}{\sigma_y}$$

- Efecto indirecto x_i sobre y con una cantidad.

$$r_{1,2} P_{2,y}$$

- Efecto indirecto x_i sobre y vía x_p con una cantidad.

$$r_{1,p} P_{p,y}$$

En general, la relación encontrada en la fórmula (3) y entre cada una de las variables $(x_1 + x_2 + \dots + x_p)$ y la variable respuesta se puede expresar en términos de efectos directos e indirectos como:

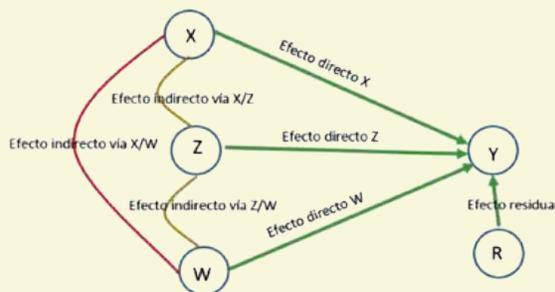
$$r_{1y} = P_{1y} + r_{12} P_{2y} + \dots + r_{1p} P_{py}$$

$$r_{2y} = r_{21} P_{1y} + P_{2y} + r_{2p} P_{py}$$

$$r_{py} = r_{p1} P_{1y} + r_{p2} P_{2y} + \dots + P_{py}$$

$$r_{ey} = P_{ey}$$

Figura 1. Diagrama de sendero - Efectos Directos e indirectos para variables dependientes



Fuente: Elaboración Propia

El trabajo se realizó en la gestión agrícola 2019, en la Estación Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública de El Alto, provincia Los Andes, Municipio de Laja, a una altitud de 3900 m.s.n.m. (Hidalgo, 2003).

Se evaluaron seis variedades de qañawa provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Alto Andinos: L4; Acc191; Acc113; EC1; Acc183; PAC.

En el experimento no se puede saber cuál variable es importante y cual variable afecta al rendimiento. Para la evaluación estadística se utilizó el paquete INFOSTAT - 2020 y Excel.

El procedimiento fue el siguiente:

Establecimiento. El terreno fue preparado con maquinaria agrícola. La unidad experimental consistió en seis surcos de cuatro metros de largo, con surcos espaciados a 0,4 [m]. La siembra se realizó a chorro continuo con una densidad de siembra de cuatro [kg * ha⁻¹].

Labores culturales. Se realizaron raleos para mantener 10 plantas por metro

lineal, deshierbes y control de plagas y enfermedades.

Evaluación. Se evaluaron ocho variables de respuesta las cuales fueron: peso de broza (PB); altura de planta (AP); diámetro de tallo (DTP); número de ramas (NR); largo de ramas (LR); diámetro de ramas (DR); cobertura foliar (CF) y se tomó el peso de grano (PG) como variable dependiente. Para esta actividad se utilizaron los descriptores para qañawa del IPGRI (IPGRI, IFAD, 2005).

El procedimiento analítico fue el siguiente:

Análisis de varianza. Con los datos obtenidos se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Duncan, para detectar diferencias significativas entre las variedades de qañawa.

Regresión Múltiple. Se realizó el análisis de regresión múltiple para seleccionar el modelo más adecuado, para estimar la relación entre las variables dependientes respecto a la variable independiente, mediante la selección de variables hacia atrás.

Coefficientes de sendero. Para calcular los coeficientes de sendero del rendimiento de grano de qañawa, se siguieron los siguientes pasos: Recopilación y tabulación de variables de respuesta de las accesiones; Análisis de varianza de la variable “Peso de Grano”; Análisis de correlación para determinar la relación entre pares de caracteres; construcción de las ecuaciones con base en la matriz de correlaciones entre las variables en estudio.

Diagrama de Senderos. En base a los coeficientes directos e indirectos se construyó el diagrama de senderos que muestra la relación de los caracteres y su contribución al rendimiento.

3. RESULTADOS

El análisis estadístico para los descriptores de qañawa se muestra en la Tabla 1. Para las variedades L4; Acc191; Acc113; EC1; Acc183; PAC, se evaluaron las variables de respuesta Peso de Broza (PB); Altura de Planta (AP); Diámetro de Tallo (DTP); Número de Ramas (NR); Largo de Ramas (LR); Diámetro de Ramas (DR); Cobertura Foliar (CF) y se tomó el peso de grano (PG) en gramos por planta, como variable dependiente.

Tabla 1. Medias y Coeficientes de Variación (%) de los descriptores de qañawa.

Accesión	PG		PB		AP		DTP		NR		LR		DR		CF	
	\bar{X}	CV														
Acc113	166,7	28,6	318,9	29,7	44,4	15,0	4,2	13,5	18,1	19,8	27,5	29,2	4,1	16,9	34,6	20,8
Acc183	176,9	26,9	457,2	29,8	44,3	15,1	4,1	18,6	18,7	20,1	32,1	29,4	4,2	19,5	32,9	17,0
Acc191	176,9	26,9	457,2	29,8	44,3	15,1	4,1	18,6	18,7	20,1	32,1	29,4	4,2	19,5	32,9	17,0
EC1	183,7	27,2	311,7	27,2	45,0	12,0	4,3	12,8	19,1	19,9	25,2	26,0	4,1	12,1	35,9	16,6
L4	178,6	28,7	392,6	29,8	43,8	11,1	4,1	15,1	19,1	19,4	31,9	29,9	3,9	17,6	31,7	18,8
PAC	177,2	26,9	312,0	28,9	41,4	12,7	4,1	18,9	19,0	20,0	30,4	28,5	4,1	20,2	31,8	18,3

Fuente: Elaboración Propia

Los mayores Coeficientes de Variación se encontraron para los descriptores Peso de Broza (PB), Largo de Rama (LR) y el Peso de Grano (PG). Esto puede deberse al tipo de muestreo realizado. El secado de las muestras se realizó a campo abierto.

Análisis de varianza

La Tabla 2 muestra el Análisis de Varianza para la variable de respuesta Peso de Grano (PG) con el objetivo de establecer diferencias estadísticas entre las variedades de qañawa.

Tabla 2. Análisis de Varianza para Peso de Grano de Variedades de qañawa.

F.V.	SC	GL	CM	Fc	PR>F
Bloque	7.234	3	4.315	1.88	0.1135
Accesión	14.345	2	2.411	1.05	0.3783
Error	124.109	54	7.172	3.12	0.0522
Total	145.688	59	2.298		

Fuente: Elaboración Propia

Este análisis muestra que no existen diferencias significativas para la variable

“Peso de Grano”, entre variedades de qañawa. Esto puede deberse a que este material genético pertenece a una región con poca variabilidad edafoclimática y muestran poca variabilidad morfológica. Por tanto, se realizó un solo análisis de coeficientes de sendero representativo para todas las variedades de qañawa.

Análisis de regresión múltiple

Se realizó el análisis de regresión múltiple con los descriptores de la especie, considerando las siguientes variables independientes o regresoras: Peso de Broza (PB); Altura de Planta (AP); Diámetro de Tallo (DTP); Número de Ramas (NR); Largo de Ramas (LR); Diámetro de Ramas (DR); Cobertura Foliar (CF) y se tomó el Peso de Grano (PG) en gramos por planta, como variable dependiente. Para seleccionar el modelo más adecuado se seleccionó el modelo mediante el método “Eliminación hacia atrás o *Backward elimination*”, con un valor de probabilidad (*p*-valor) de 0,005 como máximo valor para retener las regresoras en el modelo.

Los coeficientes de regresión y estadísticos asociados fueron los siguientes:

Tabla 3. Coeficientes de regresión y estadísticos del Modelo de Regresión

COEFICIENTE	Estimador	Error Estandar	Limite inferior (95%)	Limite Superior (95%)	p_valor
Constante	-45,00	29,63	-103,69	13,68	0,1315
Peso de Broza	0,11	0,03	0,04	0,17	0,0017
Numero de Ramas	6,98	1,12	4,77	9,19	0,0001
Cobertura Foliar	1,64	0,53	0,60	2,69	0,0023

Fuente: Elaboración Propia

De las siete variables de respuesta analizadas mediante la regresión múltiple, los que más influyeron en el peso de grano de qañawa fueron el Peso de Broza (PB); el Número de Ramas (NR) y la Cobertura Foliar (CF).

Coefficientes de sendero.

Con base a las ecuaciones y con el método desarrollado por Wrigth (1921) se calcularon los coeficientes de sendero directos e indirectos.

Las ecuaciones en base a las correlaciones de Pearson se establecen mediante el siguiente conjunto de ecuaciones. Reemplazando los valores de correlación entre las variables de respuesta estudiadas se obtuvo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0,62392 = P_{PB/PG} + 0,5612P_{NR/PB} + 0,028P_{CF/PB}$$

$$0,60153 = 0,5612P_{PB/PG} + P_{NR/PB} - 0,343P_{CF/PB}$$

$$0,04346 = 0,0282P_{PB/PG} + -0,343P_{NR/PB} + P_{CF/PB}$$

La solución de este sistema de ecuaciones proporciona los efectos directos. Para calcular los efectos indirectos se procede de la siguiente manera.

Tabla 4. Efectos directos e indirectos sobre el Peso de Grano (PG)

Rendimiento Peso Grano (PG)	Efectos Directos	Efectos indirectos via:		
	ρ	(PB)	(NR)	(CF)
Peso de Broza (PB)	0,355		0,263	0,005
Número de Ramas (NR)	0,469	0,263		-0,067
Cobertura Foliar (CF)	0,194	0,005	-0,067	

Fuente: Elaboración Propia

Peso de Broza (PB) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{PB} = 0,355$

Efecto indirecto vía NR = $\rho_{NR} * r_{PB/NR} = 0,2632$

Efecto indirecto vía CF = $\rho_{CF} * r_{PB/CF} = 0,0055$

Número de Ramas (NR) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{NR} = 0,4689$

Efecto indirecto vía PB = $\rho_{PB} * r_{PB/NR} = 0,2632$

Efecto indirecto vía CF = $\rho_{CF} * r_{CF/NR} = -0,0668$

Cobertura Foliar (CF) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{CF} = 0,1945$

Efecto indirecto vía PB = $\rho_{PB} * r_{PB/CF} = 0,0055$

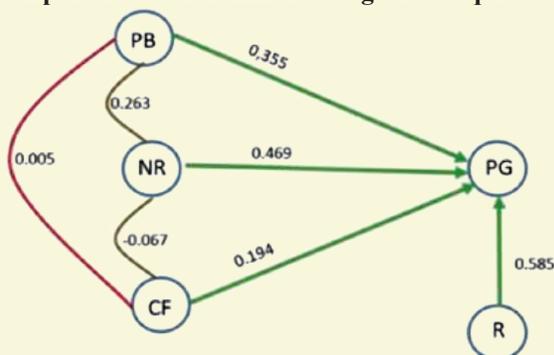
Efecto indirecto vía NR = $\rho_{NR} * r_{NR/CF} = -0,0668$

En la Tabla 4 se muestra la matriz de efectos

directos e indirectos de los descriptores Peso de Broza (PB); Número de Ramas (NR) y Cobertura Foliar (CF) sobre el Peso de Grano (PG) de cañawa.

Los efectos directos e indirectos se plasman en el siguiente diagrama de senderos.

Figura 2. Diagrama de senderos para componentes de rendimiento de grano de cañawa.



Fuente: Elaboración Propia

Según la Figura 2, los efectos directos más importantes sobre el peso de grano de cañawa son el Número de Ramas ($\rho = 0,469$) y el Peso de la Broza ($\rho = 0,355$); en menor proporción la Cobertura Foliar ($\rho = 0,194$). Estas variables pueden ser utilizadas en procesos de mejoramiento genético para incrementar el peso de grano de la especie.

El Número de Ramas (NR) tiene un efecto indirecto positivo vía la variable Peso de Broza (PB) ($\rho = 0,263$) lo cual indica que mientras mayor el número de ramas mayor será el Peso de Broza y por consiguiente se tendrá mayor Peso de Grano por planta. El Número de Ramas (NR) tiene un efecto indirecto negativo vía cobertura foliar (CF) ($\rho = - 0,067$). Este valor indica que a mayor Número de Ramas y menor Cobertura Foliar mayor será el peso de grano por planta.

El Peso de Broza (PB) tiene un efecto indirecto positivo muy reducido ($\rho = 0,05$) vía Cobertura Foliar (CF), en este caso el Peso de Broza tendrá un efecto mayor en

el peso de grano de cañawa y su aporte vía Cobertura Foliar será poco significativo.

El efecto directo del residual (R) ($\rho = 0,585$) indica que el Peso de Grano (PG) no se encuentra explicado en su totalidad por los descriptores en estudio y existen otros descriptores no considerados en la presente investigación.

4. DISCUSIÓN

Al respecto, Mayta et.al (2015) después de realizar la evaluación de doce variedades de cañawa encontró que para la accesión de cañawa 455 los componentes de rendimiento principales fueron el número de ramas, cobertura vegetal y la altura de planta. Asimismo, para la accesión ILLPA-INIA, proveniente del Perú, los componentes principales fueron el número de ramas, y el diámetro de tallo.

Los resultados obtenidos por Mayta et al. (2015) coinciden con los obtenidos en la presente investigación respecto a los componentes de rendimiento directo correspondientes al Número de Ramas (NR) y la Cobertura Foliar (CF).

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos mediante la investigación realizada se llegaron a las siguientes conclusiones.

El análisis de varianza de la variable peso de grano, para las 6 variedades de cañawa provenientes del Banco de Germoplasma Nacional no muestra significación entre variedades de la especie, por tanto, se realizó un solo análisis de coeficientes de sendero representativo para las seis accesiones.

- Mediante un análisis de regresión múltiple se seleccionaron las variables

que más afectan a la variable dependiente Peso de Grano.

- Con las variables seleccionadas mediante el modelo de regresión múltiple se realizó un análisis de coeficiente de sendero y se encontró que el Número de Ramas y el Peso de Broza tienen efectos directos de ($\rho = 0,469$) y ($\rho = 0,355$), respectivamente y en menor proporción la Cobertura Foliar con un valor de ($\rho = 0,194$). Estas variables pueden usarse en procesos de mejoramiento genético del Peso de Grano de la cañawa.
- El Número de Ramas tiene efecto indirecto positivo vía Peso de Broza, así como efecto indirecto negativo vía Cobertura Foliar.
- El Peso de Broza tiene efecto indirecto

positivo muy reducido vía Cobertura Foliar, considerado poco significativo.

- Finalmente, la variación del Peso de Grano de las seis variedades de cañawa evaluados en la localidad de Kallutaca, esta explicada por la relación lineal del Número de Ramas, Peso de Broza y Cobertura Foliar, los efectos directos más importantes sobre el Peso de Grano fueron el Número de Ramas y el Peso de Broza. El efecto indirecto más importante fue el Número de Ramas vía el Peso de Broza.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no tiene conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Wikipedia - Biodiversidad de Bolivia: https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad_de_Bolivia

CEPA Oruro - La importancia de la biodiversidad en Bolivia: proteger y conservar es un deber: <https://cepaoruro.org/la-importancia-de-la-biodiversidad-en-bolivia-protoger-y-conservar-es-un-deber-19-07-12/>

Sitio Oficial del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz - Biodiversidad - Capítulo 2 Flora y Vegetación: <http://sitservicios.lapaz.bo/biodiversidad/capitulo-2-flora-y-vegetacion/>

Azafrán Bolivia - Propiedades y beneficios de la cañawa: <https://azafranbolivia.com/?p=22659>

Webconsultas - Kañiwa o cañiwa, qué es, propiedades y valor nutricional:

<https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/alimentos-saludables/que-es-la-kaniwa-propiedades-y-composicion-nutricionales>

Fructus Terrum - La Cañiwa, un superalimento con múltiples-propiedades: <https://www.fructusterrum.com/la-canihua-un-superfood-con-multiples-propiedades/>

Pinto M, Rojas W, Soto J.L. (2008) Ficha técnica de la variedad cañawa Illimani, Fundación PROINPA. Regional Altiplano. La Paz. Bolivia.

Espitia, M. Vargas, L. Martinez, G. (2008). Análisis de sendero para algunas propiedades del fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 11(2), 131-140.

- <https://doi.org/10.31910/rudca.v11.n2.2008.630>
- Espinoza Romano, V. Construcción y análisis de los coeficientes de sendero. *RevActaNova*. [online]. 2018, vol.8, n.4, pp.517-535. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000200002&lng=es&nrm=iso. ISSN 1683-0789.
- Abbott L., Pistorale, S, y Filippini, O. (2007). Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semillas en *Bromus catharticus*. *Ciencia e investigación agraria*, 34(2), 141-149. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200007>
- Quispe-Choque, G. y Huanca-Alanoca, N. (2023). Análisis de correlación y coeficientes de sendero para componentes de rendimiento en nueve líneas experimentales de tomate. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 14(2), 26-35. Epub 31 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2023.140200026>
- Wright, S. (1921) Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*. 20(7):557-85 Recuperado de: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1706123>
- Hair JF. Anderson RE. Tatham RL. Black W. (1992). *Multivariate data analysis*. MacMillan Publishing Company. New York. United States.
- Hidalgo R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En: Franco L., e Hidalgo (eds.) *Análisis estadístico de datos*. IPGRI. Roma, Italia. Pp 2-27.
- SENAMHI (2018) Boletín de predicción 02-2018. <http://www.senamhi.gob.bo>
- Mayta A. Marza, F. Rojas F. Sainz, H. Mendoza, V. Evaluación agromorfológica y análisis de componentes de rendimiento en doce variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *J.Selva Andina Biosph*. 2015; 3(2): 58-74

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

REVISTA VARIANZA

Revista Científica del Instituto de Estadística Teórica y Aplicada (IETA),
Carrera de Estadística, Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Universidad Mayor de San Andrés
La Paz, Bolivia

ISSN 2789-3510, versión impresa

ISSN 2789-3529, versión en línea

<https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza/>

<https://ieta.umsa.bo/>

MISIÓN

Difundir principalmente artículos originales de investigación científica en diferentes ámbitos de la vida, basados en el uso de métodos y técnicas estadísticas. También difundir artículos de naturaleza teórica en el campo de la Estadística. Todo ello con el propósito de contribuir al desarrollo de nuestra sociedad.

VISIÓN

Llegar a ser la revista científica nacional de mayor calidad e impacto en el campo de la estadística aplicada y teórica, así como ser el principal referente para el contexto internacional.

TIPOS DE MANUSCRITOS

En la Revista Varianza se publican principalmente **artículos originales**, aquéllos que resultan de una investigación científica y que contribuyen, en alguna medida, al conocimiento científico y/o solución de alguna problemática. Los artículos originales pueden ser de naturaleza teórica o práctica. Los de naturaleza práctica se enfocan en dar respuesta, con base en el uso de métodos y/o técnicas estadísticas apropiadas, a problemas o preguntas de investigación en distintos campos de la vida; mientras los de naturaleza teórica presentan un nuevo método o técnica estadística, o pueden ofrecer una versión mejorada de uno existente.

Además, si bien no son artículos originales de investigación, en la Revista Varianza también se publican otro tipo de manuscritos, como ser:

De revisión, que constituyen básicamente informes sobre avances o estado del arte de un tema particular, con base en la recopilación y selección de artículos científicos originales,

Comunicaciones breves, manuscritos que comunican de manera breve algunos datos de una investigación original que el editor cree que serán interesantes para muchos investigadores y que probablemente estimularán más la investigación en esa área,

Estudios de caso, informan los resultados sobre casos específicos de fenómenos interesantes.

Su propósito es hacer que otros investigadores conozcan la posibilidad de que un fenómeno específico pueda ocurrir,

Reseñas, consisten en resúmenes concisos generalmente sobre libros recientemente publicados en el campo de la Estadística,

Notas científicas, presentan observaciones y descripciones científicas breves de métodos o resultados, comunican resultados de estudios pequeños, avances de trabajos de investigación o noticias de interés científico,

De enseñanza, son manuscritos sobre temas relacionados a la enseñanza de la Estadística, por ejemplo la comprensión de un teorema o un método de estimación. Tiene el propósito de clarificar y complementar los conocimientos estadísticos de los estudiantes y los docentes.

PROCESO DE REVISIÓN DE MANUSCRITOS

Luego de haber recibido el manuscrito, se inicia el proceso de su revisión, el cual tiene tres etapas:

Primera etapa: Revisión por el editor

En esta etapa, el editor revisa si el tema del manuscrito es apropiado para la Revista y si cumple con las instrucciones para los autores. Se revisa la pertinencia del manuscrito para la Revista, los aspectos de forma del manuscrito y el cumplimiento de requisitos básicos exigidos en las normas de la Revista Varianza. El autor será contactado para informarle si su manuscrito es apto para pasar a la revisión por pares a doble ciego o si requiere mejorar algunos detalles del manuscrito sugeridos por el editor o si es rechazado (por no presentarse en el formato exigido en las normas, por tener errores metodológicos importantes, porque el manuscrito ha sido publicado previamente o porque el aporte no es nuevo, entre otros). En caso de no existir faltas o errores, el manuscrito pasa a la segunda etapa.

Segunda etapa: Revisión por evaluadores externos

Cada manuscrito que llega a esta etapa es sometido al proceso de revisión por pares a “doble ciego”. Esta modalidad significa que cada manuscrito es revisado por dos evaluadores externos a nuestra institución, ambos miembros del comité científico, con la restricción de que ni el evaluador sabe el nombre del autor del manuscrito y ni el autor sabe quiénes son sus evaluadores. Para la asignación del manuscrito a los dos evaluadores se toma en cuenta el vínculo entre el tema del manuscrito y la especialidad o experiencia de los evaluadores.

En esta etapa se evalúa rigurosamente el contenido del manuscrito, poniendo énfasis en los aspectos metodológicos. A través de una ficha de evaluación, el dictamen de la revisión es una de las siguientes cuatro alternativas: (i) aceptado sin modificaciones, (ii) aceptado con observaciones leves, (iii) aceptado con observaciones profundas o (iv) rechazado. Se comunica al evaluador tanto el dictamen como las observaciones, en caso de existir. Una vez que el autor subsana las observaciones, nuevamente el manuscrito corregido es derivado al revisor para su evaluación, y así sucesivamente hasta que el manuscrito es aceptado o

rechazado. En caso de no corregirse las observaciones, el manuscrito es rechazado.

Algunos aspectos que se toman en cuenta en la evaluación, son:

- a) Claridad en el planteamiento del objetivo principal y/o la hipótesis a probar.
- b) Pertinencia del método estadístico para el cumplimiento del objetivo y/o prueba de hipótesis.
- c) Datos apropiados para el cumplimiento del objetivo y/o prueba de hipótesis.
- d) Grado de profundidad de la investigación.
- e) Coherencia en el análisis cuantitativo, incluido la correcta interpretación de los resultados.
- f) Generación de nuevo conocimiento científico y aporte para la formulación de políticas, programas y proyectos.
- g) Pertinencia de la referencia bibliográfica usada.
- h) Calidad de la redacción, incluido el resumen (síntesis del manuscrito en forma clara y adecuada).
- i) Ajuste del formato a las normas APA.

Tercera etapa: Diagramación

Los manuscritos aprobados por el comité científico pasan a diagramación, a una última revisión de redacción y a maquetación. Esta tarea es realizada por un profesional en diagramación y el editor, en coordinación con el autor. Se trata de una última revisión del manuscrito, sólo de forma. No se acepta ninguna modificación con relación al contenido del manuscrito ya aceptado, sea de texto, tabla o gráfico, como tampoco se acepta la inclusión de un texto adicional, una tabla o un gráfico.

FORMATO PARA ARTÍCULOS ORIGINALES DE INVESTIGACIÓN

Título

El título debe estar en español y en inglés, ambos en mayúscula, en no más de 15 palabras cada uno, por lo que debe ser lo más corto posible y debe reflejar plenamente el contenido del manuscrito.

Autor(es)

Debajo del título deben colocarse el nombre completo del autor, su afiliación institucional durante la realización del manuscrito y su correo electrónico. Si son dos o más autores, colocar el nombre completo, la afiliación institucional y el correo electrónico de cada uno. Para el caso de dos o más autores, el principal autor es el que más ha contribuido a la investigación, y deberá encabezar la lista. En pie de página, y con la numeración correspondiente para cada autor, se debe informar la profesión, un breve curriculum vitae si se desea, y el número ORCID.

Resumen

El resumen debe estar en español y en inglés, con títulos en mayúscula (RESUMEN y *ABSTRACT*, respectivamente), y muy bien redactado en no más de 250 palabras. Debe incluir con absoluta claridad y precisión el objetivo, la metodología, los datos usados, el principal resultado, alguna idea de discusión y la principal conclusión.

Palabras claves

Debajo del resumen en español deben incluirse las palabras clave (Palabras clave), las cuales sirven para identificar el artículo por parte de usuarios nacionales e internacionales. Incluir de cuatro a siete palabras clave que no formen parte del título del artículo, ordenadas alfabéticamente y separadas por comas. Igualmente, debajo del resumen en inglés incluir las mismas palabras clave, pero en inglés (*Keywords*).

Introducción

Debe presentar el problema dentro de un marco teórico y/o revisión bibliográfica que acompañe a la hipótesis y/o objetivo principal del trabajo. El problema debe describir claramente lo que se resolverá con la investigación; la revisión bibliográfica expone el marco de referencia que da sustento al trabajo de investigación, resalta, a través de citas, estudios previos que se relacionan específicamente con la investigación; el objetivo principal debe indicar claramente, en forma precisa y sin ambigüedad, la finalidad de la investigación; mientras la hipótesis debe plantear lo que trata de probar la investigación. El objetivo y la hipótesis deben estar al final de esta sección.

Materiales y métodos

En esta sección se describe minuciosamente la forma en que se realizó la investigación, de modo que un lector que acceda al artículo pueda comprenderlo plenamente y reproducirlo a fin de determinar la confiabilidad y la validez de los resultados. Esta sección debe describir claramente los aspectos principales respecto de los datos, los instrumentos, y los métodos y técnicas estadísticas usados en la investigación.

Resultados

En esta sección se expone el principal o los principales hallazgos obtenidos con la investigación, todos ellos en estricta consonancia con el objetivo principal y/o con la hipótesis de la investigación. La correcta interpretación de los resultados es de suma importancia en esta sección. Para transmitir los principales hallazgos pueden incluirse, si es necesario, cuadros, gráficos y diagramas, evitando la redundancia, evitando un número excesivo de datos y manteniendo la objetividad (imparcialidad y honestidad). Todos los cuadros, gráficos y diagramas deben enumerarse en el orden que aparecen en el texto.

Discusión

Esta sección está orientada a interpretar los resultados de la investigación en relación con el

objetivo principal, la hipótesis y el estado de conocimiento actual del tema de la investigación, esto es, se debe indicar qué significan los hallazgos encontrados y cómo estos se relacionan con el conocimiento actual sobre el tema.

Además de compararlos y contrastarlos con los resultados de otros estudios relevantes, resaltando sus limitaciones y ventajas tanto conceptuales como metodológicas, argumentar las implicaciones de los resultados para la formulación de políticas, programas y/o proyectos, y argumentar las implicaciones para futuras investigaciones.

Conclusiones

Las conclusiones son derivadas de los resultados y de la discusión, y responden al objetivo y/o la hipótesis de la investigación. Constituyen los aportes y las innovaciones de la investigación

Agradecimiento

En esta sección no se incluye ningún elemento científico, sólo se trata de ser cortés con quienes colaboraron en la investigación. Se puede reconocer la contribución de personas o instituciones que ayudaron realmente en la investigación, pero no se las puede considerar como coautores.

Conflicto de intereses

Acá, el autor o autores deben declarar no tener ningún conflicto de intereses con su artículo científico.

Referencias bibliográficas

Esta sección contiene la referencia de libros y artículos citados en las diferentes secciones del manuscrito, en formato APA. Debe existir siempre una correspondencia entre las citas que se hace en el trabajo y las que se lista en las referencias bibliográficas, ya que normalmente los lectores estarán interesados en verificar los datos que efectivamente se utilizaron para la investigación.

Ejemplos de cómo enunciar las referencias bibliográficas en formato APA se pueden encontrar en la siguiente dirección (URL): <https://normas-apa.org/referencias/>

ESPECIFICACIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS

Los manuscritos que se presentan deben estar escritos en Word, hoja tamaño carta, doble columna, letra *Times New Román* de tamaño 11, espacio simple, margen izquierdo de 2.5 cm. y los demás márgenes de 2.0 cm. Todo el manuscrito, incluido texto, gráficos, cuadros, diagramas y otros, debe contener entre 10 y 20 páginas, con títulos y subtítulos enumerados. Los gráficos, cuadros y diagramas no deben exceder el 30 por ciento del manuscrito. Adicionalmente, todas las notas y referencias deben ir acorde al formato APA.

Para la presentación del manuscrito debe acompañarse una carta en la que se indique el tipo de manuscrito que se está enviando (artículo original, revisión, estudio de caso, reseña, nota

científica o manuscrito de enseñanza) a la siguiente dirección: ieta@umsa.bo. Los autores pueden enviar sus manuscritos en cualquier momento del año.

PERIODICIDAD DE LA PUBLICACIÓN

La versión impresa de la Revista Varianza se publicó por primera vez el año 2001, desde ese año hasta el 2020 se publicó anualmente, si bien no se pudo editar en algunos años. Sin embargo, a partir del segundo semestre de 2021 la publicación es semestral, en los meses de abril y octubre.

En cambio, la versión digital (*online*) de la Revista se publica desde el segundo semestre del año 2021, también en los meses de abril y octubre.

Con el propósito de incrementar la visibilidad de la Revista Varianza y facilitar la búsqueda de artículos por parte de los lectores, desde el año 2023 la Revista Varianza también se publica junto a las revistas científicas de otras unidades de la Universidad Mayor de San Andrés. Se puede acceder a la página a través de la dirección <https://ojs.umsa.bo/ojs/>.

CONFLICTO DE INTERESES

La Revista Varianza tiene la política de evitar cualquier conflicto de interés de los autores, del comité editorial y del propio editor responsable. Se recomienda a cada autor evitar cualquier conflicto de interés relacionado con su artículo, debiendo comunicar oportunamente al editor responsable, como también se pide al comité editorial impedir cualquier conflicto de interés en el proceso editorial.

ÉTICA DE PUBLICACIÓN

La revista Varianza tiene compromiso con la ética de la investigación, por ello, promueve los siguientes aspectos:

- a) Evitar conflictos de intereses
- b) Evaluar objetivamente los manuscritos
- c) Respetar los criterios de evaluación de los evaluadores
- d) Conservar la confidencialidad de los autores y evaluadores, durante todo el proceso de revisión.

FINANCIAMIENTO DE LA REVISTA

La Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) asigna anualmente recursos financieros al Instituto de Estadística Teórica y Aplicada (IETA) para impresión y difusión de la Revista Varianza. La publicación en la revista es gratuita bajo la modalidad *Open Access*.

PROPIEDAD INTELECTUAL

Para los manuscritos aceptados para su publicación, el o los autores deben autorizar formalmente al editor, a través de un documento firmado, su publicación en la Revista Varianza. En el documento firmado, el lector también afirma ser legítimo propietario del manuscrito a publicar y que no existe problemas de derechos de autor con terceros y/u otros conflictos de naturaleza ética. Todo el contenido de la Revista, excepto aquéllo que expresamente sea identificado, está bajo la licencia *Creative Commons*.

LICENCIAMIENTO

La Revista Varianza se encuentra bajo licenciamiento *Creative Commons* atribución CC BY <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. La licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

*Dirección: Calle 27 de Cota Cota
Bloque F.C.P.N. - Primer Piso
Email: ieta@umsa.bo
Página web: <https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza>*

La Paz - Bolivia