



Factores determinantes de la producción forestal en la región Puno - Perú, 2019

Determinants of forest production in the Puno region - Peru, 2019

Determinantes da produção florestal na região de Puno - Peru, 2019

Julio Cesar Quispe Mamani¹

jcquispe@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3938-1459>

Santotomas Licimaco Aguilar Pinto²

licimacoaguilar@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1796-9278>

Balbina Esperanza Cutipa Quilca¹

becutipa@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3839-5138>

Miriam Serezade Hanco Gomez¹

mhancco@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-3913-2775>

Amira Carpio Maraza¹

acarpio@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-1917-4938>

Ronald Raúl Arce-Coaquira¹

rarce@unap.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-6546-0038>

¹Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú

²Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca, Perú

Artículo recibido el 1 de julio 2022 / Arbitrado el 21 de julio 2022 / Publicado el 2 de agosto 2022

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue encontrar los factores determinantes de la producción forestal en la región de Puno en Perú, para lo cual se aplicó el enfoque cuantitativo, correlacional y transversal, utilizando datos de la Encuesta Nacional de Hogares del Instituto Nacional de Estadística e Informática, del año 2019; se consideró una muestra de 408 observaciones, con la aplicación del modelo ANCOVA. Se estableció que los factores determinantes de la producción forestal son la explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, gasto en transporte y tenencia de tierra; además, la explotación pecuaria, las parcelas trabajadas, el uso de un sistema de riego y la realización del gasto en transporte influyen de manera directa sobre la producción forestal y la explotación agrícola y la tenencia de tierra influyen de manera negativa en la producción forestal en la región de Puno.

Palabras clave: Forestación; Gasto; Parcelas; Producción; Tenencia de tierra

ABSTRACT

The objective of this research was to find the determinants of forest production in the region of Puno, Peru, for which the quantitative, correlational and cross-sectional approach was applied, using data from the National Household Survey of the National Institute of Statistics and Informatics, of the year 2019; a sample of 408 observations was considered, with the application of the ANCOVA model. It was established that the determinants of forestry production are agricultural exploitation, livestock exploitation, worked plots, transportation expenditure and land tenure; in addition, livestock exploitation, worked plots, the use of an irrigation system and the realization of transportation expenditure have a direct influence on forestry production and agricultural exploitation and land tenure have a negative influence on forestry production in the Puno region in Perú.

Key words: Forestry; Expenditure; Plots; Production; Land tenure

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi encontrar os determinantes da produção florestal na região de Puno, Peru, para a qual foi aplicada a abordagem quantitativa, correlacional e transversal, utilizando dados da Pesquisa Nacional de Domicílios do Instituto Nacional de Estatística e Informática, do ano de 2019; uma amostra de 408 observações foi considerada, com a aplicação do modelo ANCOVA. Foi estabelecido que os determinantes da produção florestal são a exploração agrícola, a exploração pecuária, as parcelas trabalhadas, as despesas de transporte e a posse da terra; além disso, a exploração pecuária, as parcelas trabalhadas, o uso de um sistema de irrigação e as despesas de transporte têm uma influência direta na produção florestal e a exploração agrícola e a posse da terra têm uma influência negativa na produção florestal na região de Puno de Perú.

Palavras-chave: Silvicultura; Gastos; Parcelas; Produção; Posse de terra; Florestação

INTRODUCCIÓN

La industria forestal ha tomado mucha fuerza en los últimos años, en muchos de los países desarrollados, como es el caso de China, esto debido a la demanda nacional e internacional de productos forestales, teniendo en cuenta siempre la conservación de la ecología forestal, conocimiento profundo de la naturaleza, seleccionar las especies forestales más idóneas, un plan de manejo forestal. Esto es muy importante para las empresas y las regiones que son parte de la producción forestal, para así lograr un desarrollo sostenible (1–4). Hay muchos factores que influyen en la producción forestal como los tipos de bosques, la cultura de la población, las estrategias de costos de producción, y la política forestal. Por otro lado, el tema que ha causado mucha controversia en los últimos años ha sido el calentamiento global, en la que la plantación forestal está cumpliendo un rol muy importante, debido a que esta absorbe el dióxido de carbono transformándola en oxígeno limpio (5–8).

Para fortalecer esto, Stoneman (9) planteo un modelo de “Silvicultura ecológica”, que considera que la producción forestal debe tener límites ante la alteración humana del paisaje, por ende, tener una producción forestal sostenible. Además, Wang et al., (10), plantearon que el biocarbón, mejora los sistemas forestales, como la mejora en la salud del suelo, crecimiento de las plantas y el secuestro del carbono mitigando los gases del efecto invernadero. También se puede optimizar la producción forestal y el cuidado del medio ambiente, se encontraron modelos

matemáticos parametrizando variables claves, como la demanda, costos de transporte, precio de la madera y el rendimiento del proceso aserrado, además políticas forestales como la educación al cuidado de los recursos forestales, también modelos del periodo de vida de las plantas forestales y modelos de aspectos sociales, como el impacto socioeconómico de la actividad forestal maderable (2,5,11–13)

Así como las regiones o comunidades obtienen múltiples beneficios de los bosques, como la mejora de la calidad del aire, también se encontraron efectos negativos de parte de la industria forestal, por lo que los sectores gubernamentales y los privados deben tomar medidas para contrarrestar esto; toda vez que, si no se hace algo al respecto, el impacto a largo plazo será crucial teniendo efectos económicos y ambientales. Para lo cual se propone hacer un análisis de la vulnerabilidad forestal y un prototipo de estructura de planificación a escala local y regional, así como la educación de los profesionales forestales y la aplicación de tecnología avanzada, con esto tener una producción forestal sostenible (3,14–18).

En cuanto a las estadísticas a nivel mundial, la superficie boscosa comprende 3000 millones de hectáreas de bosques naturales que en teoría pueden ser utilizados por la industria forestal, entre estas se encuentran los bosques de latifoliadas que constituyen el 60% de esta superficie y se encuentran mayoritariamente en el hemisferio sur, en zonas tropicales y subtropicales de Sudamérica, África y el sur de Asia; y por el contrario los bosques de coníferas, conforman el 40% restante de los recursos forestales naturales del planeta, las

cuales se encuentran en el hemisferio norte, particularmente en Siberia, Escandinava y América del Norte y las plantaciones artificiales ocupan solamente un área cercana a 170 millones de hectáreas. Con referencia al área de bosque, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2020, resalta los 5

países con más área forestal en todo el mundo en miles de hectáreas, como se observa en la Figura 1, en primer lugar, se tiene a Rusia (814,931 hectáreas), Brasil (493,538 hectáreas), Canadá (347,069 hectáreas), Estados Unidos (310,095 hectáreas) y China (208,321 hectáreas), en cuánto al Perú este ocupa el noveno lugar con (73,973 hectáreas) (19).

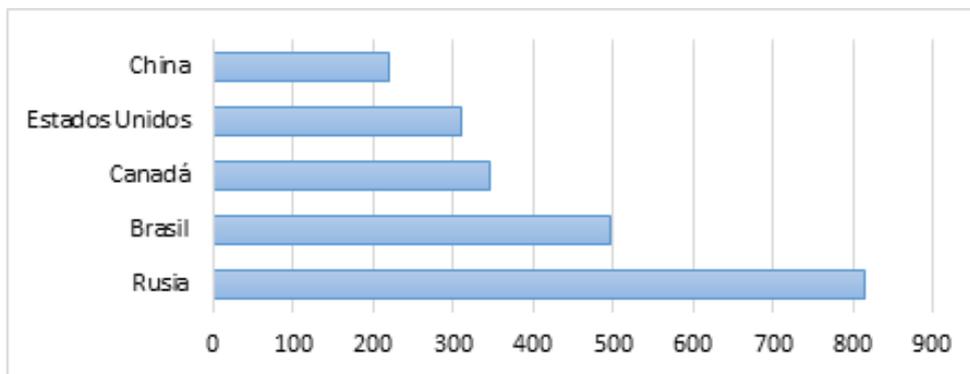


Figura 1. Ranking de los cinco países con más área forestal en todo el mundo en 2020 (en millones de hectáreas).

Fuente: FAO

En cuanto a la producción peruana este no alcanza para el consumo interno, ya que importamos US\$673 millones cada año en madera. La plantación forestal realiza por el programa de Desarrollo agrario rural en Perú del año 2010 fue de 39,105 hectáreas, para el año 2015 disminuyó a 6,095 hectáreas y para el 2019 disminuyó aún más llegando a 1,666 hectáreas (Tabla 1). Con respecto a la producción comunal de plántones fue en el año 2010 se tuvo 71'842,641 plántones, para el año 2015 disminuyó a 10'821,454 plántones y para el año 2019 disminuye notablemente a 4'987,325 plántones. Consecuentemente también se puede observar las cantidades de Hectáreas utilizadas para la reforestación en

el año 2010 fue de 4,0811 hectáreas, para el año 2015 disminuyó a 6,095 hectáreas y un ligero incremento para el año 2019 llegando a 16,326 hectáreas (20–22).

El nuevo centro de producción forestal podría estar en la sierra que cuenta con 370,000 Km² y una superficie forestal de 68,000 Km². En la Tabla 1, también se puede observar la plantación forestal por hectáreas en el departamento de Puno por el Desarrollo agrario rural, en el 2010 llegó a 1,440 hectáreas, disminuyendo para el 2015 a 30 hectáreas y un ligero aumento para el 2019 llegando a 70 hectáreas. Con respecto a la producción comunal de plántones en el año 2010 se tuvo 1'985,968 plántones, para el 2015 una caída

en los en la cantidad de plantones realizadas llegando a 14,000 y para el 2019 se recupera hasta llegar a 90,666 plantones. En cuanto a la superficie reforestada en el año 2010 fue de

1,341 hectáreas, y para el año 2015 disminuyó llegando a 30 hectáreas, y para el año 2019 un pequeño aumento llegando a 82 hectáreas (22).

Tabla 1. Datos estadísticos de la producción forestal regional y nacional.

Año	Plantación forestal (hectáreas)		Producción comunal de plantones (plantones)		Superficie reforestada acumulada (hectáreas)	
	Perú	Puno	Perú	Puno	Perú	Puno
2010	39105	1440	71842641	1985968	40 811	1 341
2011	26043	1083	42370193	1437274	38 563	1 440
2012	24769	1081	42752893	1051606	23 806	1 083
2013	21423	406	22238752	856628	9 795	372
2014	7587	49	14695020	178070	8 990	49
2015	6095	30	10821454	14000	6 095	30
2016	5298	31	9482722	0	7 221	31
2017	1678	10	9916136	11100	5 382	10
2018	4360	41	5560846	164110	4 346	35
2019	1666	70	4987325	90666	16 326	82

Fuente: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

Respecto a la producción de madera rolliza como se puede observar en la Figura 2, la madera del Shihuahuaco representa el 19.11%, seguido de la madera del Tornillo con

un 6.45% las maderas más conocidas como el cedro y la caoba representan el 0.52% y el 0.11% respectivamente (23).

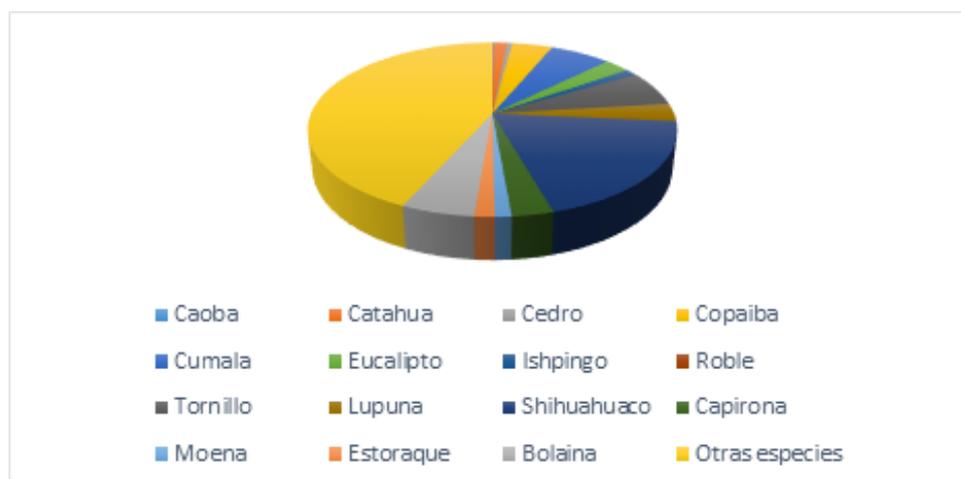


Figura 2. Producción de madera rolliza en el año 2019 (Metros cúbicos). **Fuente:** Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

Respecto a la producción de madera aserrada como se muestra en la Figura 2, se evidencia que la madera de Tornillo representa

el 13.53%, seguido de la madera de Cumula con un 9.69% y la madera de Caoba con un 0.08% (20–22).



Figura 3. Producción de madera aserrada en el año 2019, (Metros cúbicos). **Fuente:** Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

En cuanto a la producción de madera rolliza y aserrada en la región de Puno en ambos se ha tenido una tendencia decreciente desde el año 2009 como se observa en la Figura 3. La producción de madera rolliza ha disminuido entre los años 2009 y 2014 en un 59.49%, además para el año 2019 ya no se registraron las producciones de madera rolliza, y respecto a la producción de madera aserrada también

ha disminuido entre los años 2009 y 2014 en un 74.82%, y para el año 2019 ya no se registraron producciones de madera aserrada. De estas producciones las que se producen más en la región de Puno, son la Rupiña, el Eucalipto, la *Polylepis racemosa* (Quinual), la *Polylepis incana* (Queñua), el Kolly, el Lambrán, el Molle, etc (Figura 4) (20–22).



Figura 4. Producción de madera rolliza y aserrada en la región de Puno en el año 2019 (Metros cúbicos). **Fuente:** Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

En contraste con los datos obtenidos se observó una baja producción forestal, que vendría a ser el problema en cuestión para analizar. Por lo cual, la presente investigación buscó responder la pregunta ¿Cuáles son los factores determinantes de la producción forestal en la región de Puno en el año 2019? y ¿Cuáles son las variables que influyen de manera positiva y negativa en la producción forestal en la región de Puno en el año 2019?

Además, el objetivo que buscó la investigación es encontrar los factores determinantes de la producción forestal en la región de Puno en el año 2019 e identificar las variables que influyen de manera positiva y negativa en la producción forestal en la región de Puno en el año 2019.

Revisión empírica de la investigación

La industria forestal en China, en los últimos años ha experimentado un rápido desarrollo debido a la demanda nacional e internacional de productos forestales, por ende Xiong *et al.* (3), realizaron un análisis espacio – temporal, utilizando un modelo de series de tiempo con modelos VAR para los años 2005 - 2015, midiendo las diferencias regionales en la productividad forestal, en la cual encontró seis factores que influyeron en la eficiencia de la producción forestal, de estos el PBI per cápita, la cobertura forestal, el nivel educativo de los empleados forestales y el número de estaciones de tecnología forestal del municipio tienen una relación positiva con la eficiencia de la producción forestal, sin embargo la reforma

de la tenencia forestal colectiva tuvo un efecto negativo que obstaculizó la eficiencia de la producción forestal.

Estados Unidos también, es uno de los países pioneros en la producción forestal, estas son industriales y no industriales, por lo que, Newman y Wear (24), utilizando un modelo de comparación de beneficios de dos productos, una que es madera para aserrar y madera para pasta, las variables analizadas fueron el esfuerzo de regeneración, insumos cuasi fijos, tierra y existencias de formación. Encontraron que el comportamiento consistente de maximización de beneficios para las dos variables de análisis tiene respuestas similares a las variaciones de los precios de los insumos y productos, corto plazo y a largo plazo. Por lo que concluye que los propietarios no industriales parecen darle más valor a la madera en pie y las tierras forestales que los propietarios no industriales.

En España, se hicieron estudios como la de Ortuño (19), sobre el análisis del Balance de la Madera que permitió a la industria forestal española visualizar el flujo de madera a través de diversos sectores y subsectores y la investigación de Alberdi *et al.* (5), sobre la relación entre la madera muerta y la biomasa viva, utilizando un enfoque de modelado rodal, que contienen variables climáticas y fisiográficas, con la información obtenida del Inventario Nacional Forestal de España (38,945 parcelas). Encontraron que la proporción de madera muerta en relación con el stock total de biomasa es mayor en la región biogeográfica mediterránea, además

de encontrarse diferencias significativas en las existencias de biomasa de madera muerta entre bosques con diferentes niveles de protección antropogénica.

También se realizaron investigaciones sobre los efectos de las actividades forestales en los ecosistemas de arroyos en Nueva Zelanda, como la de Harding *et al.* (25), y como resultado encontraron que los cambios sustanciales en la hidrología, ya que la producción forestal absorbe en gran cantidad el agua, por lo que se ven afectados drásticamente las comunidades invertebradas bentónicas. Por su parte, Garces (26) también encontró que la deforestación comercial en Antioquía va ligada fuertemente con la concentración de la propiedad rural y la intensidad de la ganadería, y en menor medida con la inversión pública per cápita, desempeño fiscal del municipio y potencial forestal protector.

Rehman *et al.* (7), realizaron una investigación, cuyo objetivo fue desacoplar la influencia de las emisiones de dióxido de carbono en la producción forestal, producción de cultivos, la producción ganadera, el uso de energía, el crecimiento de la población, la temperatura y las precipitaciones en Pakistán, para ello utilizó datos que van desde 1970 a 2017, utilizando un modelo autorregresivo vectorial (VAR). Los resultados a largo plazo fueron que la producción forestal, las precipitaciones, y la temperatura tienen un efecto constructivo en la emisión de carbono, sin embargo la producción de cultivos, la producción ganadera, el usos

de energía y el crecimiento de la población tienen un efecto negativo sobre la emisión de dióxido de carbono, en cuánto al corto plazo los resultados fueron distintos, ya que la producción forestal, la producción de cultivos, la producción ganadera y la temperatura tienen un efecto positivo sobre la emisión de dióxido de carbono, sin embargo el uso de energía tiene un impacto adverso sobre la emisión de dióxido de carbono.

Por otra parte, Stoneman (9) realizó un análisis que evaluó hasta qué punto las prácticas en el manejo forestal se alinean en la visión de las características y la "silvicultura ecológica", en los bosques del suroeste de Australia. Para ello, evaluó la relación con las decisiones a nivel de la estructura rodal, los niveles de cosecha, y la estructura de edad. Se encontró que la ordenación forestal se alinea con la silvicultura bajo el modelo de "silvicultura ecológica".

En cuanto a la cordillera situada en los andes del continente asiático, Thakur *et al.* (18), realizaron una investigación sobre la vulnerabilidad inherente de los bosques del Himalaya, para lo cual utilizó un modelo de Proceso de Jerarquía Analítica, que se utiliza para ponderar la vulnerabilidad. Los resultados que encontraron fueron que en general los bosques templados y mixtos muestran una mayor vulnerabilidad forestal en la región, sin embargo, los bosques de pino tropical, latifoliados y subalpinos se encuentran bajo redes forestales menos vulnerables.

Por su parte Gasperini *et al.* (27), realizaron una investigación sobre los efectos de borde

en el banco de semillas para la producción forestal de los bosques caducifolios en Europa. Entre los más importantes se encontraron que en Bélgica el banco de semillas tuvo más homogéneo en el borde y el interior del bosque, mientras que en Italia estas diferencias ecológicas y de composición fueron mayores en el borde del bosque.

Por Centro América se tiene a Tavárez y Elbakidze (17), que plantearon como objetivo por objetivo estimar la disponibilidad a pagar por la preservación de los bosques urbanos y los servicios ecosistémicos asociados en Puerto Rico, utilizando el método de valoración contingente, los resultados que encontraron fueron que los hogares de la región están dispuestos a pagar \$ 117,98 al año para preservar los bosques urbanos y \$ 80,97 al año para preservar los servicios ecosistémicos. También se tiene a Morrison *et al.* (6), que tuvieron por objetivo determinar los factores ambientales y espaciales que influyen en el stock de biomasa aérea en los bosques de tropicales de Costa Rica, utilizando un modelo línea mixto, para los años 2000 – 2015. Como resultado encontraron que los niveles de potasio en el suelo tienen una relación positiva con el stock de biomasa aérea, además de que no hubo un efecto significativo del clima, posiblemente debido a que existen cortos gradientes de temperatura y precipitación.

La investigación realizada por Reyes *et al.* (28), donde el objetivo fue analizar la influencia de la etnia y la religión en el uso de los bosques nativos en el sur de Chile, utilizando datos de una encuesta que realizaron a 275 propietarios

de bosques, encontraron una influencia indirecta sobre la forma en la que moldean sus actitudes hacia el tiempo y el riesgo, es decir ellos saben cuándo extraer la madera y en qué momento hacer las plantaciones, sin embargo no encontraron una relación directa entre grupos étnicos y religiosos y el uso de los bosques. Así mismo Troncoso y Garrido (11), realizaron una investigación en la industria forestal de Chile, en la cual encontraron que las variables como los costos de transporte y precios de madera son de suma importancia en el modelo matemático para maximizar la producción forestal.

En cuanto a las investigaciones en el ámbito nacional, se tiene a Muñoz y Vega (29), que realizaron una investigación, sobre la evaluación de la diversidad forestal y conocer la especie más representativa en la región San Martín, utilizando la herramienta de gestión “Zonificación Ecológica y Económica”, además de la información geográfica, determinaron que el suelo franco arenoso es mayor proporción donde se produce de manera eficiente la producción forestal, así también se identificó que la especie más representativa es la Rupiña.

Por su parte, Navarro (30), hizo una investigación con el objetivo de determinar si la producción de información geográfica impacta de manera significativa en la gestión forestal de la Dirección Regional Forestal y Fauna Silvestre del Gobierno Regional Madre de Dios, utilizando una metodología cuantitativa y correlacional. Se encontró que existe una influencia de la variable producción

de la información geográfica en la gestión forestal según los trabajadores encuestados, por lo que hay la necesidad de implementar estos lineamientos de gestión que darán acceso a la información geográfica.

Con un enfoque más económico, Morocho (31), realizó una investigación, cuyo objetivo fue determinar la presencia de economías de escala en los agentes del sector forestal en los Departamentos de Ucayali, Loreto y Madre de Dios, utilizando las funciones de costo total Cobb – Douglas y la función de costo total de Translog. Determinó que los agentes que presentan economías de escala son las que concentran en mayor proporción grandes volúmenes de madera, sin embargo, las que presentan diseconomías a escala son los que proveen a los intermediarios y estos proveen a los grandes compradores.

En las investigaciones locales en la región de Puno se tiene a Choque (32), que hizo una investigación sobre el análisis de los diversos modelos de planeación estratégica que puedan ser factibles para la Empresa Industrial Maderera y Mueblería Maldonado E.I.R.L. utilizando una metodología de desarrollo sistémico de planeamiento estratégico, encontrando que el modelo más adaptable es la de Fred Davis planteado desde la administración estratégica y se diferencia por ser claro y práctico.

Otro estudio de Franco (33), que estudió sobre la potencialidad de tierras y la relación de factores ambientales en la región de Puno, utilizando modelos matemáticos, cartográficos y geoestadísticos; pudo demostrar que las

tierras con un potencial adecuado ascienden alrededor de 2,470 ha de las cuales el 6,96% son potenciales para la producción forestal y los factores ambientales que se relacionan con la producción agrícola forestal son las temperaturas de 7 y 9°C, con precipitaciones de 879.64 a 847.33 mm/año.

Complementando a ello, Maquera (23) realizó una clasificación de la producción de biomasa aérea forestal en mayor cantidad de volumen de producción en el bosque de CIP - Camacani, utilizando un método de combustión húmeda (Walkley and Black); pudo determinar que la mayor producción de biomasa aérea la tuvo el Eucalipto con 2,411.82 TM, seguido del Pino con 869.90 TM y del Ciprés con un 473.22 TM.

Por último, Peralta (34) realizó una investigación en el distrito de Chucuito, cuyo objetivo fue determinar la dosis óptima de lodo residual en la producción de Pinos radiata y determinar la rentabilidad, el diseño fue experimental y pudo determinar que la dosis óptima a aplicar fue de lodo 100% más tierra arable 0%, con una rentabilidad de 104.33% y la relación beneficio/costo de 2.04

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo (35), debido a que utiliza datos secundarios y las estimaciones estadísticas permitieron probar las hipótesis planteadas, es correlacional debido a que se empleó un modelo econométrico de regresión lineal que buscó la relación existente entre las

variable dependiente (producción forestal) y las variables independientes (Explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, sistema de riego, precio de venta, gasto en transporte y tenencia de tierra).

La presente investigación empleó datos de corte transversal, obtenidos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO), del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el año 2019, para las estimaciones y encontrar los objetivos planteados, por ende, se utilizó stata 16, para la regresión y el análisis descriptivo correspondiente.

El área de estudio de esta investigación, está ubicada en la sierra sur-este del Perú, más específicamente en el departamento de Puno, en la meseta del Collao entre los 3812 y 5500 msnm. Incluye las 15 provincias y 105 distritos en las cuales se realizan la producción forestal.

La muestra que hizo la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO), tanto en el área urbana y rural consideró a la población objetivo al conjunto de viviendas y sus ocupantes,

excluyéndose a los miembros de las fuerzas armadas (INEI, 2019). Por lo cual, de acuerdo a la base datos de 2019, se consideró un total de 191 observaciones.

El modelo econométrico utilizado fue el modelo ANCOVA, Según Cayuela (36) este modelo considera que la variable dependiente es cuantitativa y las variables independientes son tanto cuantitativas y cualitativas.

Producción forestal_t

$$\begin{aligned}
 &= \beta_0 + \beta_1 \text{Explotación agrícola} + \beta_2 \text{Explotación pecuaria} \\
 &+ \beta_3 \text{Parcelas trabajadas} + \beta_4 \text{Sistema de riego} \\
 &+ \beta_5 \text{Precio de venta} + \beta_6 \text{Gasto en transporte} \\
 &+ \beta_7 \text{Tenencia de tierra} + e_t
 \end{aligned}$$

Estas variables se obtuvieron de los módulos de la Actividad Agropecuaria (Módulo PGTA 2000, 2000A, 2100), Subproductos Agrícolas (Módulo PGTA 2200), Producción Forestal (Módulo PGTA 2300) y Gastos en Actividades Agrícolas y/o Forestales (Módulo PGTA 2400) (Tabla 2).

Tabla 2. Operacionalización de las variables en análisis.

Nombre de la Variable	Indicador	Indicador
Producción forestal	Valor de la Producción Forestal	Soles
Explotación agrícola	Área de explotación agrícola	M2
Explotación pecuaria	Área de explotación pecuaria	M2
Parcelas trabajadas	Número de parcelas trabajadas	Unidad
Sistema de riego	Tipo de riego	1: Por gravedad 0: Otros
Precio de venta	Precio unitario a la cual vende la producción forestal	Soles
Gasto en transporte	Cantidad de gasto destinado a producción forestal	Soles
Tenencia de tierra	Tipo de tenencia de tierra	1: Con tenencia propia 0: Otro tipo de tenencia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del comportamiento de la producción forestal y sus determinantes

La producción forestal como variable dependiente en la región de Puno tuvo un comportamiento variante en los últimos años, esto debido a la introducción de especies exóticas al medio natural, donde muchas de las familias tienen plantaciones como el Eucalipto en su mayor proporción, seguido por Pino y Ciprés respectivamente; en el caso de las

especies nativas se considera al Kolly, Queñua, Thola, entre otras especies de arbustos como el Ceticio que son parte del medio ambiente natural. La producción forestal se realiza mayormente con fines de uso de combustible y por ende su propósito es de uso doméstico y comercial, donde de acuerdo a la Tabla 3, en promedio el valor de producción forestal asciende a S/. 256.81 soles por unidad de especie, un mínimo de S/. 15 soles, un máximo de S/. 1200 soles y una desviación estándar de S/. 317.45 soles.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables.

Estadístico	Producción forestal	Explotación agrícola	Explotación pecuaria	Parcelas trabajadas	Gasto en transporte	Sistema de riego	Tenencia de tierra
Promedio	256.8115	1.198152	0.259152	10.19895	107.9267	0.041885	0.937173
Mediana	130.0000	0.472000	0.000000	6.000000	0.000000	0.000000	1.000000
Valor máximo	1200.000	4.260000	3.000000	30.00000	600.0000	1.000000	1.000000
Valor mínimo	15.00000	0.011000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Desviación estándar	317.4569	1.526601	0.804207	9.177902	211.3147	0.200852	0.243290
Kurtosis	6.327285	2.826565	10.71565	3.381501	4.405462	21.91872	13.98371
Jarque-Bera	221.1473	50.52586	781.2630	58.33988	116.5227	3514.342	1373.422
Probabilidad	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

En el caso de la explotación agrícola, en promedio en la región de Puno se practica la cantidad de 1.19 m² por habitante en el desarrollo de las actividades agrícolas para la producción de productos de pan llevar, alcanzando un máximo área de explotación de 4.26 m² y un mínimo de 0.01 m², con una desviación estándar de 1.52 m²/habitante. Complementariamente también se destina otras áreas de las familias a la práctica de la explotación pecuaria, esto para producir

productos forrajeros y para la crianza de ganado, utilizando en promedio para la misma la cantidad de 0.25 m² y un máximo de 3 m²/ganado, con una desviación estándar de 0.80 m² (Tabla 3).

Es importante estudiar el comportamiento de las parcelas trabajadas en el desarrollo de la producción agrícola, pecuaria y forestal, donde en este caso en promedio se tiene trabajado 10.19 parcelas, con un máximo de 30 parcelas que lo desarrollan las familias con

mayor tenencia y una desviación estándar de 9.17 parcelas. Además, toda esta práctica va relacionado con los gastos en las que incurren y la más resaltante son los gastos en transporte de los insumos, y productos utilizados y obtenido en el proceso de producción agraria, es por eso que en promedio realizan gastos en transporte la cantidad de S/. 107.92 soles por campaña de producción, se realiza un gasto máximo de S/. 600 soles, con una desviación estándar de S/. 211.31 soles (Tabla 3).

Para garantizar la práctica de la actividad agrícola, pecuaria y forestal es importante contar con el recurso hídrico, por lo que eso uso eficiente del agua permite mostrar resultados sostenibles en estas actividades, por lo que al analizar sobre el tupo de uso del sistema de riego, en este caso en promedio esta asciende a 0.04, es decir que la mayor parte de las familias de la zona rural de la región de Puno realizan estas actividades a seco, donde depende de las temporadas de lluvia para emprender la producción. En el caso de la tenencia de sus tierras, en promedio asciende a 0.93, lo que explica que una gran parte de los usuarios cuentan con título de propiedad de sus predios, es decir son dueños de sus propiedades (Tabla 3).

Análisis de la relación de la producción forestal y sus determinantes

Analizando la relación entre la producción forestal con la explotación agrícola, se puede ver claramente la existencia de una relación directa o positiva; donde ante un incremento o disminución de la explotación agrícola,

la producción forestal también tiende a incrementar o disminuir (Figura 5), la misma que es complementado por la actriz de correlación de estas variables (Tabla 4), donde el ρ de Pearson es igual a 0.244, concluyendo se tienen una correlación positiva baja.

En el caso de la relación entre la producción forestal con la explotación pecuaria es igual que en el caso anterior, donde también existe de una relación directa o positiva; porque ante un incremento o disminución de la explotación pecuaria, la producción forestal también tiende a incrementar o disminuir (Figura 5), y esta es complementado por la actriz de correlación de estas variables (Tabla 4), donde el ρ de Pearson es igual a 0.860, concluyendo se tienen una correlación positiva alta.

Al analizar la relación entre la producción forestal con las parcelas trabajadas y el sistema de riego que utilizan en la región de Puno, se puede verificar que en ambos casos existe de una relación negativa o inversa; donde ante un incremento del uso de las parcelas trabajadas y el tipo de sistema de riego, entonces la producción forestal disminuirá (Figura 5), la misma que es complementado por la actriz de correlación de estas variables (Tabla 4), donde el ρ de Pearson es igual a -0.313 y -0.044, concluyendo se tienen una correlación negativa baja.

Respecto a la relación entre la producción forestal con el gasto en transporte es positiva o directa; toda vez que, ante un incremento o disminución del gasto en transporte, la producción forestal también tiende a incrementar o disminuir (Figura 5), y esta es

corroborado por la actriz de correlación de estas variables (Tabla 4), donde el ρ de Pearson

es igual a 0.561, concluyendo se tienen una correlación positiva alta.

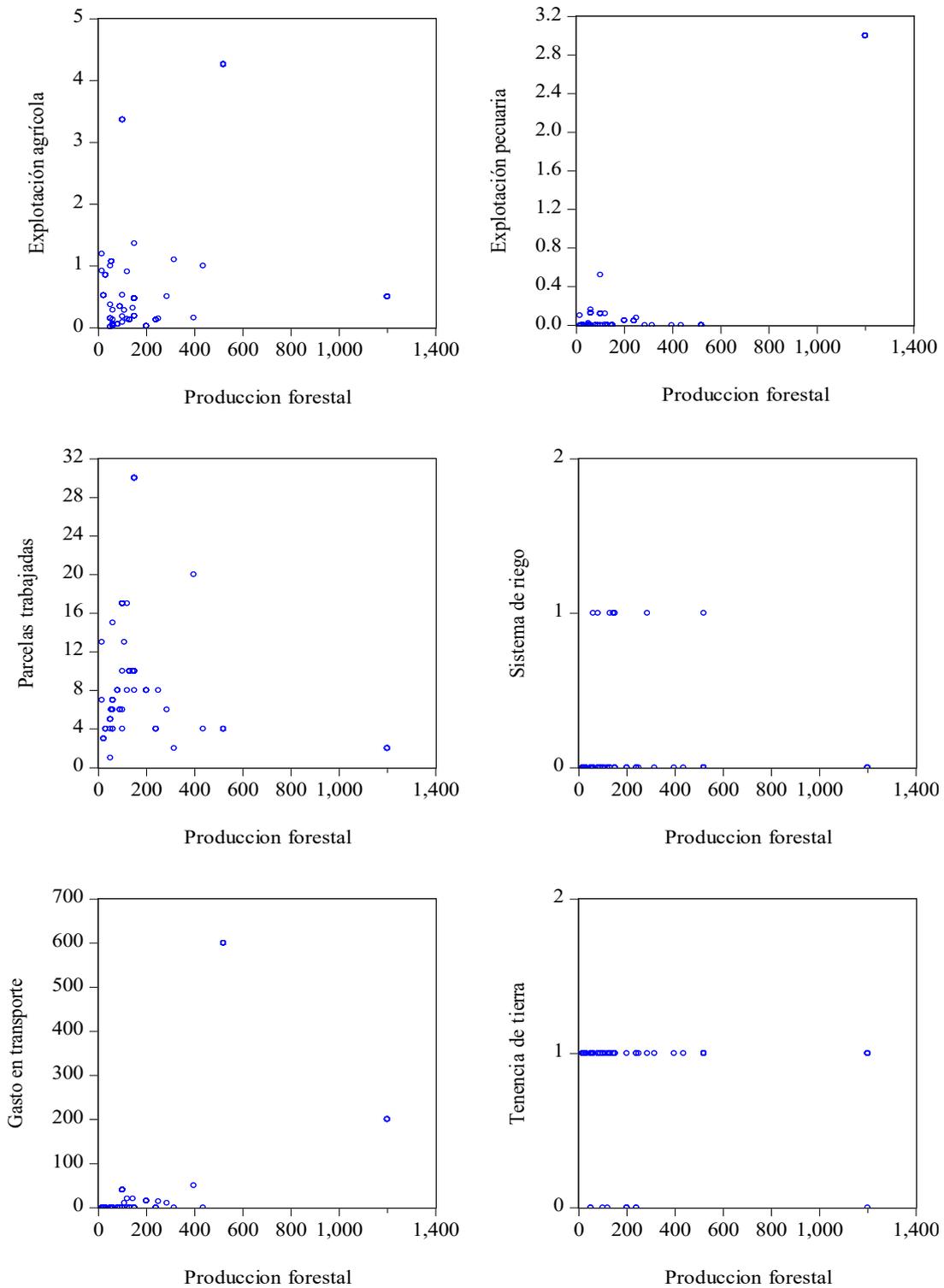


Figura 5. Comportamiento de las variables determinante de la producción.

Finalmente, relación entre la producción forestal con la tenencia de tierra es positiva o directo; toda vez que, ante un incremento o disminución de la tenencia de tierra, la producción forestal también tiende a

incrementar o disminuir (Figura 5), y esta es corroborado por la actriz de correlación de estas variables (Tabla 4), donde el p de Pearson es igual a 0.005, concluyendo se tienen una correlación positiva baja.

Tabla 4. Matriz de correlación entre la producción forestal y sus determinantes.

Estadístico	Producción forestal	Explotación agrícola	Explotación pecuaria	Parcelas trabajadas	Sistema de riego	Gasto en transporte	Tenencia de tierra
Producción forestal	1	0.244977	0.860857	-0.31383	-0.044202	0.561172	0.00557
Explotación agrícola	0.244977	1	-0.130016	-0.135071	-0.06693	0.822794	0.136406
Explotación pecuaria	0.860857	-0.130016	1	-0.259799	-0.067553	0.115759	-0.010039
Parcelas trabajadas	-0.31383	-0.135071	-0.259799	1	-0.055937	-0.337265	0.090483
Sistema de riego	-0.044202	-0.06693	-0.067553	-0.055937	1	-0.028944	0.054136
Gasto en transporte	0.561172	0.822794	0.115759	-0.337265	-0.028944	1	0.10034
Tenencia de tierra	0.00557	0.136406	-0.010039	0.090483	0.054136	0.10034	1

Análisis de factores determinantes de la producción forestal

Para encontrar los factores determinantes de la producción forestal en la región de Puno en el año 2019, se buscó contrastar la hipótesis de la investigación que fue la siguiente:

Ha: Los factores determinantes de la producción forestal en la región de Puno

en el año 2019 son la explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, sistema de riego, gasto en transporte y tenencia de tierra.

Por lo cual se aplicó la regresión econométrica considerando el modelo ANCOVA, cuyos resultados obtenidos son las siguientes:

Tabla 5. Matriz de correlación entre la producción forestal y sus determinantes.

Variable	Coficiente	Error estándar	T-Estadístico	Probabilidad
Constante	125.2402	17.08862	7.328866	0.0000
Explotación agrícola	-30.49073	5.347495	-5.701872	0.0000
Explotación pecuaria	313.2948	5.759294	54.39813	0.0000
Parcelas trabajadas	3.040938	0.507696	5.989689	0.0000
Sistema de riego	38.97720	20.91196	1.863871	0.0639
Gasto en transporte	0.937666	0.039827	23.54336	0.0000
Tenencia de tierra	-50.07959	17.35899	-2.884936	0.0044
R-cuadrado	0.968675	Criterio de Akaike info		10.96328
R-cuadrado ajustado	0.967653	Criterio Schwarz		11.08247
F-estadístico	948.3093	Prob (F-estadístico)		0.000000

Al realizar el análisis estadístico para la prueba de hipótesis, se evidencia que el R-cuadrado ajustado es igual a 0.9676, lo que muestra que la explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, sistema de riego, gasto en transporte y tenencia de tierra explican en 96.76%, mostrando ser un modelo eficiente. En el caso de la prueba de significancia individual, se puede ver que el t-estadístico obtenido de la explotación agrícola (-5.70), explotación pecuaria (54.39), parcelas trabajadas (5.98), gasto en transporte (23.54) y tenencia de tierra (-2.88) son mayores a 2; es decir que la probabilidad del nivel de significancia 0.00 es menor a 0.05; concluyendo que, si tienen significancia individual, es decir si influyen de manera individual en la producción forestal en la región de Puno. Por el contrario, el uso del sistema de riego tiene un t-estadístico de 1.86 y es menor a 2, lo que muestra que tiene una probabilidad de 0.06 y es mayor a 0.05, determinando que esta variable no influye en la producción forestal en la región de Puno al 95% de confianza, pero si al 0.1 de nivel de significancia (Tabla 5).

Por lo tanto, considerando el análisis de los estadísticos antes mencionados, se concluye rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, estableciendo que en la región de Puno para el año 2019, los factores determinantes de la producción forestal son la explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, gasto en transporte y tenencia de tierra.

Por lo cual, identificando los coeficientes de las variables independientes, se puede ver

claramente que la explotación pecuaria, las parcelas trabajadas, el uso de un sistema de riego y la realización del gasto en transporte tienen signo positivo, por lo cual influyen de manera directa sobre la producción forestal. Además, los coeficientes de la explotación agrícola y la tenencia de tierra tienen signo negativo, por lo que se determina que estas influyen de manera negativa en la producción forestal en la región de Puno.

En este entender, analizando los coeficientes se puede establecer que a un incremento de la explotación agrícola en 1 m², entonces el valor de la producción forestal disminuirá en S/. 30.49 soles; si incrementa la explotación pecuaria en 1 m², entonces el valor de la producción forestal incrementará en S/. 313.29 soles; si aumenta la cantidad de parcelas trabajadas en una unidad, entonces el valor de la producción forestal aumentará en S/. 3.04 soles; a un cambio del tipo de sistema de riego tradicional o a seco por una con mejor tecnología, entonces el valor de la producción forestal aumentará en S/. 38.97 soles; si aumenta el gasto en transporte de los productos forestales en S/. 1.00 sol, entonces el valor de la producción forestal incrementará en S/. 0.93 soles y a un incremento de la tenencia de tierra de propia a otras, entonces el valor de la producción forestal disminuirá en 50.07 soles.

Discusión

En el aspecto de la discusión, uno de los determinantes de la producción forestal es el área de explotación agrícola, y es significativa

al 5%, esto es muy importante ya que, la producción forestal depende de que cantidad de terreno le se le asigne a esta labor, esto es corroborado por las investigaciones de Franco (33); Balboa (37); Muñoz y Vega (29); Peralta (34); Xiong *et al.* (3); Tavárez y Elbakidze (17), para estos autores la cobertura del área de producción forestal aparte de ser un determinante de la producción forestal, es una de las variables que garantiza la eficiencia en la maximización de las ganancias en la producción forestal.

La cantidad de parcela trabajadas, también es uno de los determinantes de la producción forestal, ya que en la región de Puno estas parcelas se subdividen para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y para la producción forestal, lo que es corroborado por los estudios realizados por Ortuño (19) y Alberdi *et al.* (5), donde se asignan a la producción forestal una cantidad de 38,945 parcelas en promedio.

Respecto a la variable precio de venta, en nuestro análisis no es significativo, debido a que en la práctica no influye mucho, toda vez que la producción forestal es una inversión a largo plazo, por lo que variaciones en el precio de la madera a corto plazo no afecta la producción de madera de largo plazo; por lo que no es concordante con lo determinado por Troncoso y Garrido (11) y Reyes *et al.* (28), donde esta variable es significativo ya que en el modelo matemático que utilizaron para maximizar la producción forestal es una variable primordial, debido a que para una empresa que vende madera el precio es fundamental.

De la misma forma la tenencia de tierra que en nuestra investigación tiñe una mayor representación por ser propia, es significativa pero de manera negativa, toda vez que la región de Puno es una zona ganadera y agrícola, donde en esta zona se le da más preferencia al desarrollo de estas actividades y para la producción forestal queda poco espacio para su implementación y solo algunos productores de la zona rural y empresarios industriales en este rubro alquilan, o compran las plantaciones para luego invertir en la producción forestal, lo que es concordante con lo determinado por Garces (26).

Finalmente, existen otros factores que influyen en la producción forestal, tales como los factores climáticos, la forma cultural de las personas, las organizaciones y las autoridades locales, que en nuestra investigación no fueron relevantes y no se consideraron y es también concordante con las investigaciones realizados por Stoneman (9); Ortuño (19); Morrison *et al.* (6); Rehman *et al.* (7); Tavárez y Elbakidze (17).

CONCLUSIONES

Se concluye determinando que en la región de Puno para el año 2019, los factores determinantes de la producción forestal son la explotación agrícola, explotación pecuaria, parcelas trabajadas, gasto en transporte y tenencia de tierra; toda vez que dichas variables explican en un 96.76% a la producción forestal.

Además, la explotación pecuaria, las parcelas trabajadas, el uso de un sistema de riego y la realización del gasto en transporte

influyen de manera directa sobre la producción forestal y la explotación agrícola y la tenencia de tierra influyen de manera negativa en la producción forestal en la región de Puno en Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Snook L, Boscolo M, Quevedo L. Adopción de prácticas de manejo forestal sostenible por empresas madereras en la Amazonia de Brasil, Bolivia y Perú [Internet]. 2007. Available from: https://45.32.134.17/bitstream/handle/11554/7348/RRNA_49-50_Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=99
2. Ledesma V. Saberes e interculturalidad en interaprendizajes sobre recursos forestales en Zongolica, Veracruz. *Rev Interam Educ Adultos* [Internet]. 2018;40(01):130–49. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/4575/457556162007/457556162007.pdf>
3. Xiong L, Wang F, Cheng B, Yu C. Identifying factors influencing the forestry production efficiency in Northwest China. *Resour Conserv Recycl*. 2018;130(August 2017):12–9.
4. López Boñon CL, Suárez Merino J. Disponibilidad a pagar por reforestación y conservación de bosques en el Distrito de Oxapampa: una aplicación del método contingente doble límite [Internet]. Universidad Nacional del Callao. Universidad Nacional del Callao; 2014 [cited 2021 Apr 7]. Available from: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/472>
5. Alberdi I, Moreno-Fernández D, Cañellas I, Adame P, Hernández L. Deadwood stocks in south-western European forests: Ecological patterns and large scale assessments. *Sci Total Environ*. 2020;747:141237.
6. Morrison Vila L, Ménager M, Finegan B, Delgado D, Casanoves F, Aguilar Salas LÁ, et al. Above-ground biomass storage potential in primary rain forests managed for timber production in Costa Rica. *For Ecol Manage*. 2021;497:8–10.
7. Rehman A, Ma H, Ahmad M, Irfan M, Traore O, Chandio AA. Towards environmental Sustainability: Devolving the influence of carbon dioxide emission to population growth, climate change, Forestry, livestock and crops production in Pakistan. *Ecol Indic*. 2021;125:107460.
8. Galindo LM, Alatorre Bremont JE, Reyes Martínez O. Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú. *Trimest Econ* [Internet]. 2015 [cited 2022 Jan 26];82(327):489–519. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2015000300489&script=sci_arttext
9. Stoneman GL. “Ecological forestry” and eucalypt forests managed for wood production in south-western Australia. *Biol Conserv*. 2007;137(4):558–66.
10. Wang D, Jiang P, Zhang H, & Yuan W. Biochar production and applications in agro and forestry systems: A review. *Science of the Total Environment*, 2020;723:137775.
11. Troncoso JJ, Garrido RA. Forestry production and logistics planning: An analysis using mixed-integer programming. *For Policy Econ*. 2005;7(4):625–33.
12. Tapia P, Cepeda M. Sistema de apoyo a la toma de decisiones de establecimiento de plantaciones forestales. *Bosque (Valdivia)*. 2005;26(3):19–31.
13. Cruz J, Romero S, Guzman R. Desarrollo de una alternativa ecológica para la fabricación de estructuras auxiliares de madera. *Soc y Ambient* [Internet]. 2015;1(8):98–107. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455744913005.pdf>
14. Azqueta Oyarzun D. Valoración económica de la calidad ambiental. Vol. 12. 2013. 91–97 p.

- 15.** Ruelas Monjardín LC, Dávalos Sotelo R. La industria forestal del Estado de Chihuahua. *Madera y Bosques*. 2016;5(2):79–91
- 16.** Mamani JCQ, Guizada CER, Mamani GFR, Mamani FAR, Claros AR, Gallardo NJU. Economic Valuation Of Natural Heritage: An Analysis For The Titicaca National Reserve Puno Sector. *J Manag Inf Decis Sci* [Internet]. 2021 [cited 2022 Apr 9];24(1):1–33. Available from: <https://www.abacademies.org/articles/economic-valuation-of-natural-heritage-an-analysis-for-the-titicaca-national-reserve--puno-sector.pdf>
- 17.** Tavárez H, Elbakidze L. Urban forests valuation and environmental disposition: The case of Puerto Rico. *For Policy Econ*. 2021;131:102572
- 18.** Thakur S, Dhyani R, Negi VS, Patley MK, Rawal RS, Bhatt ID, et al. Spatial forest vulnerability profile of major forest types in Indian Western Himalaya. *For Ecol Manage*. 2021;497:119527
- 19.** Ortuño Perez SF. Estructura económica del sector forestal en España. *Quebracho - Rev Ciencias For* [Internet]. 2012;20(1–2):49–59. Available from: <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/v20n2/v20n2a01.pdf>
- 20.** García LR, Curetti G, Garegnani G, Grilli G, Pastorella F, Paletto A. La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: Un caso de estudio en Los Alpes Italianos. *Bosque*. 2016;37(1):41–52
- 21.** Kathula DN. Avocado Varieties and Export Markets for Sustainable Agriculture and Afforestation in Kenya. *J Agric* [Internet]. 2021 Apr 27 [cited 2021 Sep 8];5(1):1–26. Available from: <http://stratfordjournals.org/journals/index.php/journal-of-agriculture/article/view/739>
- 22.** Muñoz-Pizza DM, Villada-Canela M, Rivera-Castañeda P, Reyna-Carranza MA, Osornio-Vargas A, Martínez-Cruz AL. Stated benefits from air quality improvement through urban afforestation in an arid city – A contingent valuation in Mexicali, Baja California, Mexico. *Urban For Urban Green*. 2020 Nov 1;55
- 23.** Maquera D. Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani - UNA- Puno por titulación [Internet]. Universidad Nacional del Altiplano. 2017. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6183>
- 24.** Newman DH, Wear DN. Production Economics of Private Forestry: A Comparison of Industrial and Nonindustrial Forest Owners. *Am J Agric Econ*. 1993;75(3):674–84
- 25.** Harding JS, Quinn JM, Hickey CW. Effects of mining and production forestry. *New Zeal stream Invertebr Ecol Implic Manag* [Internet]. 2000;(McLauchlan 1984):230–59. Available from: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67964712/Harding_20et_20al_202000_20Effects_20of_20mining....-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1656466332&Signature=LvAGUPkdF8Kr1-jZOkvG2L7wQ4wllht2KqH4JlVDDWBd7Qaf9NaAwmBbCsR95v-aNMBf2aXsR-njYA1Wh1O3iOxv-QttwShEEBgn-E
- 26.** Garces Marin R. Determinantes de la reforestación comercial en los municipios de Antioquia. 1934;
- 27.** Gasperini C, Carrari E, Govaert S, Meeussen C, Pauw K De, Plue J, et al. Edge effects on the realised soil seed bank along microclimatic gradients in temperate European forests. *Sci Total Environ*. 2021;798:8–10
- 28.** Reyes R, Nelson H, Zerriffi H. How do decision makers' ethnicity and religion influence the use of forests? Evidence from Chile. *For Policy Econ*. 2021;128:8–10
- 29.** Muñoz Díaz G, Vega Díaz N. Evaluación de la diversidad forestal en el centro de producción e investigación Pablo Yacu [Internet]. 2016. Available from: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/184>

- 30.** Navarro JC. Producción de información geográfica y gestión forestal de la Dirección Regional Forestal y Fauna Silvestre del Gobierno Regional de Madre de Dios - 2018 [Internet]. 2018. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37150>
- 31.** Morocho J. Economías de escala en el sector forestal de la Amazonía peruana [Internet]. 2016. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2705>
- 32.** Choque Sanchez T. Propuesta de plan estratégico y toma de decisiones para la empresa industria maderera y mueblería Maldonado EIRL Ayaviri-Puno, periodo 2015-2018 [Internet]. 2013. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8876>
- 33.** Franco Á. Modelamiento de uso de la tierra en unidades de gestión ambiental en la microcuenca del Río Ticaraya, Puno [Internet]. Tesis. 2013. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7921>
- 34.** Peralta E. Efecto del lodo residual incorporado como sustrato en repique de Pinus radiata D. A nivel de vivero forestal Potojani Puno [Internet]. 2017. Available from: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/7510>
- 35.** Mendoza Bellido W. Cómo investigan los economistas? Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación [Internet]. 2014. Available from: <https://files.pucp.education/departamento/economia/lde-2014-05.pdf>
- 36.** Cayuela L. Modelos lineales : Regresión , ANOVA y ANCOVA [Internet]. Eco Lab, Centro Andaluz de Medio Ambiente, Universidad de Granada. 2010. Available from: [https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig202218/informacion_academica/2-Modelos lineales.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig202218/informacion_academica/2-Modelos%20lineales.pdf)
- 37.** Balboa Navarro I. Tierras y azúcar. Las transformaciones agrarias y el ascenso de la plantación en Cuba. *Investig Hist Econ.* 2015 Feb 1;11(1):43-51