

## Incidencia de la biodiversidad en la productividad de sistemas agroforestales con café en los departamentos de Amazonas y San Martín

### Incidence of biodiversity in the productivity of agroforestry systems with coffee in the departments of Amazonas and San Martín

Erik Martos Collazos Silva<sup>1</sup>

ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2226-2346>

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

[erik.collazos@untrm.edu.pe](mailto:erik.collazos@untrm.edu.pe)

**Resumen.** Esta investigación ha determinado la incidencia de los factores de la biodiversidad en la productividad parcial de café en sistemas agroforestales en los departamentos de Amazonas y San Martín. Se utilizaron abundantes datos de encuestas originales en 149 fincas cafetaleras en las provincias de Rodríguez de Mendoza en la Región Amazonas y Lamas en San Martín para caracterizar las variables de los sistemas agroforestales. Los resultados demuestran que, las fincas con sistemas agroforestales tienen menor productividad parcial que los sistemas convencionales, además, las fincas certificadas tuvieron mayor productividad parcial que las no certificadas. Por otro lado, se corroboró que la altitud de los cultivos tiene relación inversa con la productividad y, que mientras la superficie de cultivo es mayor, los rendimientos son menores. Se concluyó que los factores de la biodiversidad influyen positivamente a los sistemas agroforestales, favoreciendo el desempeño productivo de los cafetales. Aun así, existe necesidad de estudios interdisciplinarios de largo plazo, que permitan cuantificar el desempeño financiero de la biodiversidad en las fincas cafetaleras.

**Palabras clave:** incidencia, biodiversidad, sistemas agroforestales y café.

**Abstract.** This research has determined the incidence of the factors of biodiversity in the partial productivity of coffee in agroforestry systems in the departments of Amazonas and San Martín. We used abundant data from original surveys in 149 coffee plantations in the provinces of Rodríguez de Mendoza in the Amazon Region and Lamas in San Martín to characterize the variables of the agroforestry systems. The results show that, farms with agroforestry systems have lower partial productivity than conventional systems, in addition, certified farms had higher partial productivity than non-certified farms. On the other hand, it was corroborated that the altitude of the crops has an inverse relationship with productivity and, that while the cultivation area is higher, the yields are lower. It was concluded that the factors of biodiversity positively influence agroforestry systems, favoring the productive performance of coffee plantations. Even so, there is a need for long-term interdisciplinary studies to quantify the financial performance of biodiversity in coffee plantations.

**Keywords:** incidence, biodiversity, agroforestry systems and coffee.

## 1 Introducción

La biodiversidad está compuesta por todos los seres vivos que habitan en el planeta, desde los protozoarios hasta las especies más grandes del reino animal o vegetal, estas son importantes para la vida humana (INIA, 2020). La pérdida de la biodiversidad es rápida y continua durante los últimos cincuenta años se ha experimentado grandes cambios en diferentes ecosistemas (Cepal, 2021). La biodiversidad en el Perú es uno de los activos más importantes, no solo para nuestra actual era sino para nuestros antepasados, ya que gracias a esta se han desarrollado grandes culturas en la costa, en la sierra

y en la selva donde existen números productos agrícolas siendo el café uno de ellos (Minam, 2017). Los párrafos posteriores, sin embargo, están sangrados.

El café es el segundo producto más comercializado en el mundo después del petróleo (Murthy & Madhava Naidu, 2012) y el Perú es uno de los principales productores de café a nivel de Sudamérica, y dentro de los diez departamentos de productores se tiene a los departamentos de Amazonas y San Martín (Agencia Noruega de Cooperación, 2016).

Los sistemas agroforestales de café favorece la presencia de diversidad de árboles de sombra redundando en mejoras en la producción y la calidad del café (Nesper, Kueffer, Krishnan, Kushalappa, & Ghazoul, 2017), presentando mayores bondades de rentabilidad y costo-eficiencia frente a los sistemas convencionales (Jezeer, Verweij, Santos, & Boot, 2017) y pese a sus menores rendimientos, por sus menores costos por área y el mayor precio por kilogramo de café, hacen que, tengan mejor desempeño financiero (Jezeer et al., 2017).

Las certificaciones en las últimas décadas se han consolidado como herramientas que pueden adoptar los productores para conservar la biodiversidad y conseguir responsabilidad social. Actualmente las principales certificaciones orientadas hacia la sostenibilidad de los sistemas cafetaleros son: Fair-trade, certificación de producción orgánica, Rainforest Alliance, UTZ Certified y el Código Común para la Comunidad Cafetalera (4C) (Pierrot et al., 2011).

Los sistemas agroforestales con café no son muy rentables ya que presentan una baja productividad; sin embargo, muestran otros beneficios como: aumentar la cobertura de hojarasca y la tasa de infiltración de agua en el suelo, la disminución de erosión, fijación biológica de nitrógeno por árboles leguminosos, conservación de suelos, calidad del agua, efectos en el rendimiento, entre otros (Meylan et al., 2017). También, se afirma que los sistemas agroforestales de café ofrecen oportunidades comerciales competitivas para pequeños agricultores a la vez que contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Haggart et al., 2017; Jezeer et al., (2017).

## 2 Materiales y Métodos

### Lugar de estudio

El estudio se realizó en los departamentos de Amazonas y San Martín, focalizando las provincias de Rodríguez de Mendoza y Lamas

#### Características geográficas de las zonas de estudio

Provincia de Rodríguez de Mendoza (Amazonas)

Altitud: 1 250 – 1 788 m.s.n.m.

Coordenadas: Latitud 6°18'00" Longitud 77°23'00".

Superficie: 2359 km<sup>2</sup>

Clima: Templado, pero por estar en ceja de selva se torna cálido y húmedo

Precipitación anual promedio: 1 550 mm.

Temperatura: mín. 12°C y máx. 30°C

Distritos evaluados (09): Chirimoto, Cochamal, Longar, Mariscal Benavides, Milpuj, Omia, San Nicolás, Santa Rosa y Totorá.

Provincia de Lamas (San Martín)

Altitud: 600 – 1 200 m.s.n.m.

Coordenadas: Latitud: -6.42194, Longitud: -76.5161 6° 25' 19" Sur, 76° 30' 58" Oeste

Superficie: 9600 km<sup>2</sup>

Clima: Semi seco y húmedo cálido

Precipitación anual prom: 1 475 mm.

Temperatura: mín. 15°C y máx. 32°C

Distritos evaluados (08): Catachi, Lamas, Pinto Recodo, Rumisapa, San Roque de Cumbaza, Santa Rosa, Tabaloso y Zapatero. Se debe seguir un esquema ordenado: diseño, ámbito, periodo de estudio,

población y muestra, fuentes de información, intervenciones (caso de estudios experimentales), instrumentos, variables (dependientes e independientes), aspectos éticos y plan estadístico.

## **Diseño**

El diseño de investigación es descriptivo, correlacional y de corte transversal. Se analizó la productividad parcial de café según los atributos de los sistemas agroforestales de la provincia de Rodríguez de Mendoza de la Región Amazonas y la provincia de Lamas de la Región San Martín. Con base en dicha comparación se evaluó la incidencia de la biodiversidad en la productividad de café en sistemas agroforestales y los beneficios adicionales en comparación al sistema convencional.

La productividad parcial de café es una función de factores de la biodiversidad, como se expresa a continuación:

Productividad parcial de café = f (factores de la biodiversidad)

Las variables que se analizaron son:

### **Variable dependiente:**

Productividad parcial de café (kg/ha)

### **Variables independientes:**

Certificación enfocada hacia la sostenibilidad (si/no)

Sistema agroforestal con café (si/no)

Edad de los SAF (años)

Otros cultivos asociados al café (si/no)

Especies forestales asociadas al café

Especies de frutales asociadas al café

Altitud del cultivo (m.s.n.m.)

Área de cultivo de café (ha)

Tipo de riego

Estado de conservación de la materia orgánica

### **Cálculo de la muestra**

Para establecer el número de fincas a seleccionar, se tuvo en cuenta el Censo Nacional Agropecuario, el cual indica que existen 8 022 unidades agropecuarias en la provincia de Rodríguez de Mendoza y 10 920 en la provincia de Lamas (INEI, 2012).

Para la muestra se eligió el muestreo por conveniencia donde se ha considerado 82 fincas en Rodríguez de Mendoza y 67 en Lamas, siendo entrevistado el jefe de la familia.

En los distritos, se eligieron las fincas cafetaleras aleatoriamente, la dispersión de las fincas en los centros poblados facilitó el proceso de aleatorización. Se realizó las visitas de campo en 29 centros poblados en Rodríguez de Mendoza y 21 en Lamas. El número de entrevistas fue mayor en los distritos con más unidades agropecuarias.

### **Determinación de la influencia de los factores ambientales sobre la productividad de café en los sistemas agroforestales**

#### **Prueba de independencia de variables**

Se aplicó pruebas de correlación de variables, para lo cual se utilizó el software econométrico Stata v.12, que facilitó incorporar un número grande de variables y realizar interacciones necesarias dos a dos utilizando el comando stepwise (Montero-Granados, 2011).

#### **Regresión lineal múltiple**

Se corrió la regresión lineal múltiple con las variables seleccionadas por su independencia. De igual modo, se aplicó el comando stepwise para determinar el modelo con mejor ajuste según el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, con variables significativas al 95% según la prueba  $P > [t]$ .

#### **Estimación de la productividad en los sistemas agroforestales de café en Amazonas y San Martín.**

Con base en la información de campo recolectada se estimó en hojas de cálculo la productividad parcial de café promedio y en forma desagregada según los atributos de las fincas cafetaleras. El análisis de datos se realizó con la ayuda de la estadística descriptiva y usando el software Stata vs.12.

**Tabla 1.**  
Distribución de encuestas en las provincias

Provincia de Rodríguez de Mendoza		Provincia de Lamas	
Distrito	Número de entrevistas	Distrito	Número de entrevistas
Chirimoto	04	Catachi	01
Cochamal	02	Lamas	06
Longar	12	Pinto Recodo	13
Mariscal Benavides	11	Rumisapa	04
Milpuj	04	San Roque de Cumbaza	14
Omia	27	Santa Rosa	01
San Nicolás	14	Tabaloso	16
Santa Rosa	06	Zapatero	12
Totora	02		
Total	82	Total	67

Fuente: Elaboración propia

### 3 Resultados y discusiones

La investigación se realizó en 12 meses durante los años 2017 y 2018, en este periodo de tiempo se visitaron y evaluaron 149 fincas en ambas provincias, recogiendo la información que permitió conocer la incidencia de la biodiversidad en la productividad parcial de los sistemas agroforestales con café.

#### **Caracterización de los sistemas agroforestales en Amazonas y San Martín.**

##### *Caracterización Social*

La caracterización social ha permitido conocer que los jefes de hogar tienen en promedio 40.5 años de edad en Rodríguez de Mendoza y 46.9 años en Lamas. El agricultor en su gran mayoría ha completado la educación primaria (67.8%), la secundaria es el siguiente grado de instrucción obtenido (23.5%) y la educación superior la obtuvo el 8.1% de la población. No se registró población analfabeta, sin embargo, existe menos del 1% que sólo contaba con educación inicial.

En relación al número de hijos por familia, el 63% manifestó tener un hijo, 50% dos hijos, 26% tres hijos, 10% cuatro hijos, 3% cinco hijos y en promedio el 2% asegura tener seis hijos. Por otro lado, el ingreso familiar en promedio se encuentra entre los 500 y 1 000 soles por mes; así mismo se evaluó el tiempo que viven en la zona donde, en Rodríguez de Mendoza en promedio, los entrevistados viven en el lugar 36 años, un máximo de 82 años y un mínimo de 2; en la provincia de Lamas, el promedio es de 17 años y el máximo 72 años.

##### **Acceso a la chacra**

El medio predominante es la trocha con 26.8%, lo que refleja las duras condiciones de acceso en el ámbito rural; así mismo, el 48.3% de las familias tienen sus parcelas cafetaleras en el pueblo donde residen. El tiempo promedio de traslado desde el pueblo hacia la chacra es de 17.2 minutos en una distancia promedio de 4 kilómetros.

## Factores ambientales y productivos

En las provincias de Rodríguez de Mendoza y Lamas no se riega, el café es un cultivo de secano, utilizando únicamente el agua que proviene de las lluvias.

La Tabla 2 y 3 presenta los datos de Rodríguez de Mendoza y Lamas respectivamente sobre los siguientes indicadores: altura sobre el nivel del mar, el área total de la finca evaluada, la superficie de cultivo de café, la edad de los SAF, el precio local por kilogramo de café y la bonificación económica que recibe el agricultor, que es un pago extra por parte de la asociación o acopiador local que realiza la compra del café.

**Tabla 2.**

*Indicadores registrados en las fincas cafetaleras en Rodríguez de Mendoza.*

Indicador	Área total de la finca (ha)	Área con café (ha)	Altura (m.s.n.m.)	Edad del SAF (años)	Precio del café seco (S/kg)	Bonificación (S/kg)
Promedio	7.21	1.92	1 516	6.16	6.65	0.18
Mínimo	0.25	0.25	1 250	0	0	0
Máximo	200	7	1 788	25	10	2

Fuente: Elaboración propia

Número de observaciones = 82

Todas las fincas evaluadas tuvieron alguna

**Tabla 3.**

*Indicadores registrados en las fincas cafetaleras en Lamas*

Indicador	Área total de la finca (ha)	Área con café (ha)	Altura (m.s.n.m.)	Edad del SAF (años)	Precio del café seco (S/kg)	Bonificación (S/kg)
Promedio	6.15	1.83	1 036.3	5.07	4.22	0.04
Mínimo	0.50	0.25	600	0	0	0
Máximo	60	5	1 250	30	9.6	2

Fuente: Elaboración propia

## Presencia de sistemas agroforestales (SAF)

Rodríguez de Mendoza tiene mayor porcentaje de fincas con cultivo de café dentro de SAF, respecto de la provincia de Lamas. En cuanto a la certificación, la diferencia es notoria, todas las fincas en Rodríguez de Mendoza evaluadas tienen certificación, y en Lamas carecen de ellas.

En ambas provincias existe abundante presencia de árboles frutales y forestales para la sombra de café; los frutales, árboles de sombra y cultivos menores son importantes para el funcionamiento de

los SAF, y estos a su vez son importantes en los desempeños ambientales necesarios para la consecución de certificaciones orientadas hacia la sostenibilidad.

### **Variedades de café cultivadas**

Son cinco las variedades más cultivadas en Rodríguez de Mendoza y Lamas, estas son: Típica, Catimor, Caturra, Pacha y Catuay. La variedad Típica es la predominante en las fincas de Rodríguez de Mendoza y Catimor en Lamas: juntas equivalen al 71.8% de la superficie sembrada. Además, variedades como Caturra, Pacha y Catuay constituyen el 23.5%. Finalmente, existen otras variedades como Bourbon, Mondo Novo, Maragogipe, Castilla y Gran Colombia que significan el 4.7%, son las menos utilizadas por los agricultores por su reciente introducción en la zona, especialmente las últimas.

### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra es un aspecto muy importante en la constitución de los sistemas agroforestales o los sistemas convencionales. Está en función de la cantidad de árboles que se asocian al cultivo de café, las densidades más presentes en ambas provincias es el 1.5m x 1.8m, 1.5m x 1.5m, 2m x 2m y 2m x 1.8m, en ellas constituyen el 64.4%. El resto de configuraciones se distribuyen en 10 densidades, de menor frecuencia.

### **Árboles frutales asociados al café.**

En el caso de los frutales, la guaba es la más representativa en los SAF, presente en 46.3% de las fincas. En menor porcentaje están la naranja, el pajuro y el plátano. En el caso de los sistemas que no tiene SAF, el 35% no tiene ninguna variedad de árboles frutales.

### **Árboles maderables asociados al café**

El 58.5% de los SAF tiene una combinación de árboles de sombra, entre los que se encuentran: la capirona, el pino, la cahoba, la shaina, ishpingo, cedro, huairuro, eucalipto, rufindi, el chuncho y el caballo runto. En las fincas que no tienen SAF, no se observaron ninguna de estas especies.

### **Factores influyentes en la productividad parcial de café en sistemas agroforestales**

La regresión lineal múltiple con mejor ajuste quedó definida con las siguientes variables:

#### **Variable dependiente:**

Productividad parcial de café (qq/ha)

#### **Variables independientes:**

Certificación de sostenibilidad (si/no)

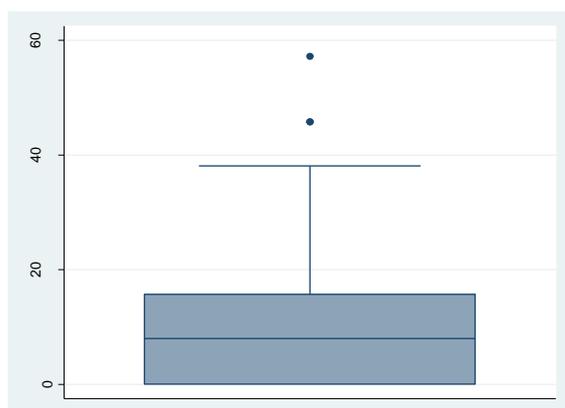
Área de cultivo de café (ha)

Altura del cultivo (m.s.n.m.)

Sistema agroforestal (si/no)

Otros cultivos asociados diferentes al café (si/no)

Durante el proceso, se detectaron valores de productividad parcial de café alejados muy alejados de la mediana. Estos valores aberrantes se pueden apreciar en el diagrama de cajas siguiente (Figura 1):



**Figura 1.** Productividad parcial de café.

Los puntos encima de límite interno superior, valores superiores a 40 qq/ha, hicieron que las variables de la regresión tengan significancias no deseadas; por ello, se truncó la regresión lineal para valores de productividad parcial de café menores a 40 qq/ha. En consecuencia, el número de observaciones se redujo de 149 a 120.

Las variables continuas superaron las pruebas de normalidad, y con ellas la regresión lineal quedó definida, donde se puede verificar la significancia individual de las variables independientes con el test  $p > [t]$  y el ajuste del modelo mediante el coeficiente de determinación  $R^2$ . A continuación se resumen los principales estadísticos:

**Tabla 4.**

Resultados de la regresión lineal múltiple al 95% de confianza.

Código	Variables independientes Descripción	Coeficiente	Prueba $p > [t]$
CERT	Certificación de sostenibilidad (si/no)	10.62922	0.001* *
AREA C	Área de cultivo de café (ha)	2.230497	0.002* *
ALT	Altura del cultivo (m.s.n.m.)	.0124007	0.023*
SAF	Sistema Agroforestal (si/no)	-4.317179	0.006* *
OCULTX	Otros cultivos asociados diferentes al café (si/no)	2.413878	0.146
_Cons	Constante	23.65286	0.000

Fuente: Elaboración propia

\*\* Variables altamente significativas

\* Variable significativa

La variable dependiente de la regresión es la Productividad Parcial (PP) de Café. Los signos de los coeficientes explican las relaciones entre la variable dependiente (PP de café) y las variables independientes. Los signos positivos indican relaciones directas y los negativos, indirectas.

A partir de los datos de la Tabla 4, la ecuación que permite explicar la variabilidad de la variable dependiente en función de las independientes queda definida como:

$$\text{【PP】 } \_ \text{café} = 23.65 + 10.63 * \text{cert} - 2.23 * \text{areac} - 0.01 * \text{alt} - 4.32 * \text{saf} + 2.41 * \text{ocultx}$$

La relación anterior permite explicar los factores de la biodiversidad que influyen en la productividad parcial de café. Sin embargo, esta relación también puede ser una relación de predicción, si se realizan pruebas de validación en los lugares evaluados, provincias de Rodríguez de Mendoza y Lamas. Sin embargo, no sirve para generalizar a los contextos de otras regiones productoras de café, puesto que tendrán factores de biodiversidad, variables técnico-productivas y socioeconómicas diferentes.

#### **Estimación de la productividad parcial del café en Amazonas y San Martín**

A continuación, en la Tabla 5 se muestra la productividad parcial de café calculada en forma desagregada en función a las variables de la biodiversidad más influyentes en la productividad. Los datos de productividad están divididos de acuerdo a la característica de las fincas cafetaleras, si tuvieron certificado o no, si pertenecieron a un sistema agroforestal o no, y, si hubo presencia de cultivos menores asociados al café, o no. Además, se presenta en la tabla el valor promedio del área de cultivo y la altitud promedio:

**Tabla 5.**

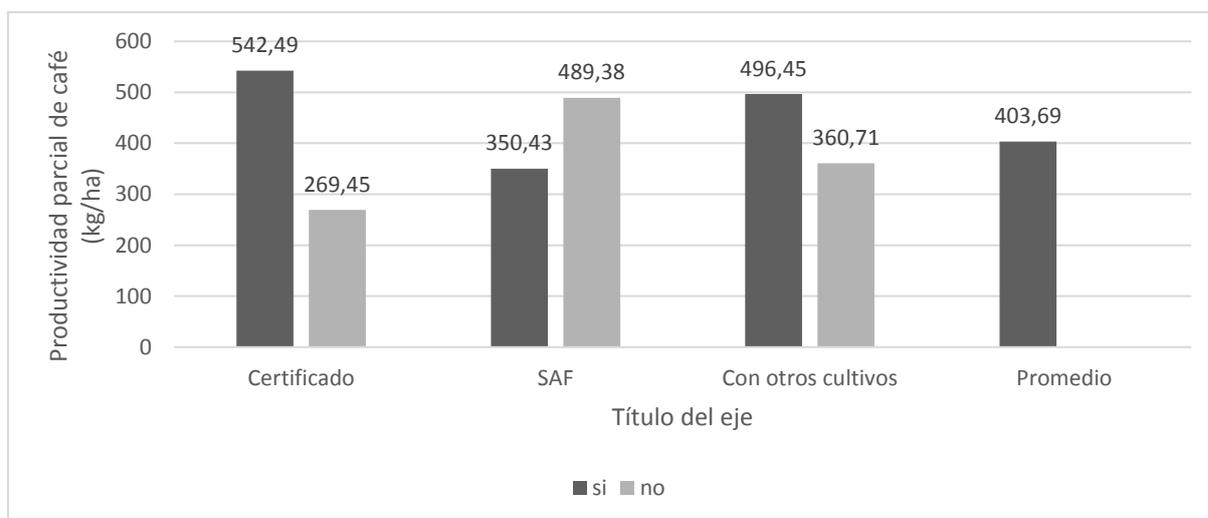
*Productividad parcial de café por atributo de la finca*

Atributo de la finca	% Fin- cas	Productividad parcial de café (promedio)		Área cul- tivo (ha) Prom	Altitud (m.s.n.m.) Prom
		(qq*/ha)	(kg/ha)		
Certificado	49.2%	10.33	542.49	1.34	1 521.7
No certificado	50.8%	5.13	269.45	1.76	1 037.7
Con SAF	61.7%	6.67	350.43	1.55	1 307.8
Sin SAF	38.3%	9.32	489.38	1.56	1 224.0
Con otros culti- vos	31.7%	9.46	496.45	1.65	1 390.5
Sin Otros Culti- vos	68.3%	6.87	360.71	1.51	1 222.5
<i>Resumen de la Investigación</i>	100%	7.69	403.69	1.56	1 275.7

Fuente: Elaboración propia

\* qq: quintal de café. 1 qq = 52.5 kilogramos de café (equivalencia comercial)

En la Figura 2 se ilustran los promedios de la Tabla 5 y las relaciones antes descritas. La investigación afirma que las fincas que tienen alguna certificación tienen mayor productividad que las no certificadas. Por el contrario, las Fincas con SAF tiene menos productividad parcial que aquellas que no cuentan con SAF y, las fincas con otros cultivos menores asociados al café son más productivos que aquellas que no cuentan.



**Figura 2.** *Productividad parcial en promedio de café por atributo de la finca*

En la Tabla 6, se presenta los valores de productividad parcial de café, en promedio, para cada provincia evaluada. La totalidad de fincas de café en Rodríguez de Mendoza están certificada, por tal razón, en comparación con la provincia de Lamas, presenta mayor porcentaje de fincas con sistemas agroforestales y con cultivos asociados al café.

**Tabla 6.**

*Productividad parcial de café por atributo en las provincias de Rodríguez de Mendoza y Lamas*

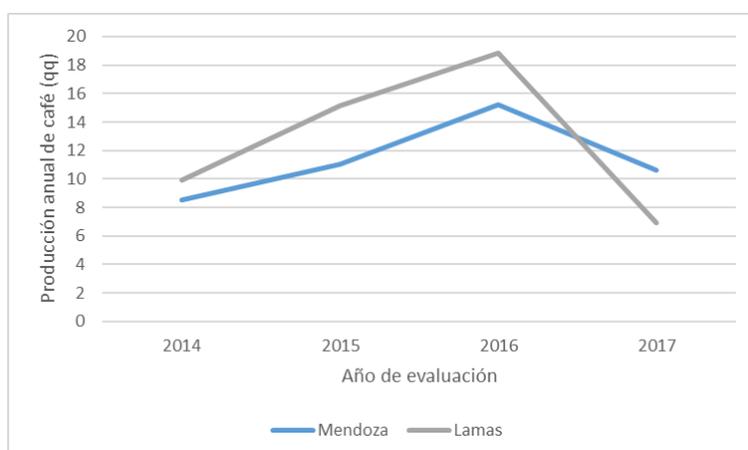
Provincia	PP Café prom (qq/ha)	Atributos de la finca cafetalera (porcentaje de casos)					
		Certificado	No certificado	Con Saf	Sin Saf	Con otros cultivos	Sin otros cultivos
Rodríguez de Men- doza <sup>1</sup>	10.33	100%	0	72.9%	27.1%	44.1%	55.9%
Lamas <sup>2</sup>	5.17	0	100%	50.8%	49.2%	19.7%	80.3%
<i>Promedio</i>	7.69	49.2%	50.8%	61.7%	38.3%	31.7%	68.3%

Fuente: Elaboración propia

<sup>1</sup> Área de cultivo promedio: 1.34 ha, altura promedio: 1 521.7 m.s.n.m.

<sup>2</sup> Área de cultivo promedio: 1.76 ha, altura promedio: 1 037.7 m.s.n.m.

El café certificado de Rodríguez de Mendoza presenta una mayor productividad parcial, pero la producción neta anual es mayor en Lamas como se aprecia en el historial productivo de los cuatro últimos años, ilustrado en la Figura 3. La justificación es porque, en promedio, las fincas de Lamas son más extensas.



**Figura 3.** Evolución de las fincas certificadas por departamento

## Discusión

Tal como se esperaba, existe incidencia de la biodiversidad en la productividad parcial de café. Si bien esta investigación encuentra relaciones altamente significativas entre las variables independientes y la productividad (Tabla 4), son pocas las investigaciones que cuantifican estas relaciones (Hagggar et al., 2017; Jezeer, Santos, Boot, Junginger, & Verweij, 2018; Jezeer et al., 2017; Meylan et al., 2017). Las variables que incidieron en la productividad parcial fueron: la presencia o no de SAF en la finca, contar o no con alguna certificación de sostenibilidad, la altitud del cultivo, la superficie sembrada y la presencia o no de cultivos menores asociados. Las variables SAF y certificación podría creerse en primer

análisis muy correlacionadas, dado que una finca con SAF tiene atributos potenciales para certificarse. La investigación encontró que influyen de manera independiente en la productividad parcial. El análisis cuantitativo demuestra que existen fincas sin SAF pero certificadas, ocurre esto, en los primeros años del proceso de certificación.

La productividad parcial de café en Rodríguez de Mendoza, 10.33 qq/ha, es casi la mitad de la esperada. Los reportes corporativos locales de certificación en los distritos evaluados, indican que el promedio bordea los 20.81 qq/ha (APALFC, 2016). Sin embargo, los datos resultan coherentes si se considera que la información se recolectó el mes de marzo de 2017, es decir, sólo se contabilizó la primera campaña, más no la segunda. En Lamas el promedio es bajo, 7.69 qq/ha. Parece probable que en esta provincia los entrevistados subestimaron la información, o en caso extremo, en la provincia existieron otros efectos como plagas o enfermedades que disminuyeron el rendimiento.

En el contexto internacional, se reportaron valores anuales de producción parcial de café cuyos promedios oscilan entre 500 – 800 kg/ha, entre fincas con Certificación Orgánica y Fairtrade, y no certificadas (Hagggar et al., 2017). Al respecto, los valores de la investigación varían entre 269 – 542 kg/ha, con promedio de 403 kg/ha. Como se indicó en el párrafo anterior, los valores resultan coherentes y confiables considerando que los datos recolectados corresponden a la primera campaña de 2017, quedando sin contabilizar la producción de la segunda campaña.

Los valores de productividad promedio de las fincas con SAF, 350 kg/ha, están por debajo del promedio de diferentes arreglos agroforestales con el uso de fertilizantes (Meylan et al., 2017), que reporta valores entre 2000 – 5000 kg/ha en fincas cafetaleras. Resulta evidente la desigualdad, porque las fincas evaluadas son orgánicas, no utilizan fertilizantes para incrementar la productividad.

Aunque las fincas con SAF tuvieron 39.7% más productividad parcial que las fincas sin SAF, existe fuerte evidencia de que la sombra en SAF aumentan la provisión de servicios ecosistémicos sin que necesariamente afecte el rendimiento del café (Meylan et al., 2017). Las fincas certificadas en la investigación, tuvieron casi el doble de productividad parcial, en promedio, que las no certificadas. Hagggar et al. (2017) explica relaciones disparejas, fincas con Certificación Fairtrade superiores en 16.7% que las no certificadas, y en relación a Certificación Orgánica, las no certificadas fueron superiores en 41.5%. En la investigación, es probable que las fincas con certificación orgánica estén influenciadas por otros factores adicionales que propiciaron su mejor desempeño productivo, como el uso de fertilizantes orgánicos y de pulpa, por ejemplo.

La investigación además permitió, evidenciar algunos datos sobre desempeño financiero de las fincas, sin ser un objetivo de investigación. Por los cafés certificados se pagaron, en promedio, 60.3% más por kilogramo de café en comparación con los no certificados. Esto es ampliamente reconocido por la literatura. Contrario a la percepción común, la rentabilidad y el costo eficiencia son mayores para los sistemas sombreados de pequeña escala (Jezeer et al., 2017). Otra ventaja comparativa es que el café certificado al menos mitiga parcialmente, con sus mayores precios, las necesidades del agricultor y su compensación con la conservación de la biodiversidad (Hagggar et al., 2017). Sin embargo, un inconveniente en las fincas certificadas y con SAF es que la producción total a mayor escala es menor comparado con los sistemas de café de monocultivo de alto insumo, que promueve la intensificación de estos sistemas en todo el mundo (Jezeer et al., 2018). En ese sentido, los cafetales en sistemas agroforestales de alta diversidad pueden mantenerse, si se consideran los costos de oportunidad en el desarrollo de estrategias de mercado realistas para la conservación de la biodiversidad (Nesper et al., 2017).

## 4 Conclusiones

Se entrevistaron 149 fincas cafetaleras en las provincias de Rodríguez de Mendoza en la región Amazonas y Lamas en San Martín. Donde se pudo hacer la caracterización social, productiva, ambiental y espacial de los cultivos de café con sistemas agro forestales y sin sistemas agroforestales.

Los resultados de la investigación sugieren que determinados factores de la biodiversidad influyen en la productividad parcial de café. Las variables: presencia de sistema agroforestal en la finca de café, contar con alguna certificación de sostenibilidad y el área de cultivo son altamente significativas e influyen en la productividad parcial. Del mismo modo la variable altura del cultivo, pero es sólo significativa (Tabla 4). La variable presencia de cultivos menores asociados al café tiene poca significancia y su influencia no es sólida. La variable certificación influye de manera directa, por el contrario, las demás influye de manera indirecta.

Los resultados demuestran que, las fincas con sistemas agroforestales tienen menor productividad parcial que los sistemas convencionales, además, las fincas certificadas tuvieron mayor productividad parcial que las no certificadas. Por otro lado, se corroboró que la altitud de los cultivos tiene relación inversa con la productividad y, que mientras la superficie de cultivo es mayor, los rendimientos son menores.

La productividad promedio de las fincas evaluadas es 403.7 kg/ha. Las fincas con SAF tuvieron 39.7% más productividad parcial que las fincas sin SAF y las fincas certificadas en la investigación, tuvieron aproximadamente el doble de productividad parcial, en promedio, que las no certificadas. Los resultados son significativos, sin embargo, son datos que deben tomarse con precaución debido a que dichas relaciones son dispares en la literatura especializada.

## Referencias bibliográficas

- Agencia Noruega de Cooperación. (2016). *Café 2.0 Climáticamente Inteligente* (1st ed.). Lima, Perú. Retrieved from [https://issuu.com/solidaridadsouthamerica/docs/cafe\\_2.0\\_climaticamente\\_inteligente](https://issuu.com/solidaridadsouthamerica/docs/cafe_2.0_climaticamente_inteligente)
- APALFC. (2016). Reporte productivo de la lista de productores ecológicos aprobados para la certificación, conforme a Reg. IMO LA, NOP, BS y PER. In: Asociación de Productores Agropecuarios La Flor de Café. Perú, Rodríguez de Mendoza.
- CEPAL. (2021). Daño y pérdida de biodiversidad. <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>
- Haggar, J., Soto, G., Casanoves, F., & Virginio, E. de M. (2017). Environmental-economic benefits and trade-offs on sustainably certified coffee farms. *Ecological Indicators*, 79(May), 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.023>
- Ibanez, M., & Blackman, A. (2016). Is Eco-Certification a Win–Win for Developing Country Agriculture? Organic Coffee Certification in Colombia. *World Development*, 82, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.004>
- INEI. (2007). Censo Nacional, XI de Población y VI de Vivienda. In: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú, Lima.
- INIA. (21 de setiembre de 2020). Bases exploratorias para el manejo de una biodiversidad. <https://web.inia.cl/blog/portfolio/biodiversidad/>
- Jezeer, R. E., Santos, M. J., Boot, R. G. A., Junginger, M., & Verweij, P. A. (2018). Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. *Agricultural Systems*, 162(January), 179–190. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.014>
- Jezeer, R. E., Verweij, P. A., Santos, M. J., & Boot, R. G. A. (2017). Shaded Coffee and Cocoa – Double Dividend for Biodiversity and Small-scale Farmers. *Ecological Economics*, 140, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.019>
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., & Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature*, 486(7401), 109–112. <https://doi.org/10.1038/nature11145>
- Meylan, L., Gary, C., Allinne, C., Ortiz, J., Jackson, L., & Rapidel, B. (2017). Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 245(May), 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.005>
- MINAM. (2017). ¿Por qué nuestra biodiversidad es importante para el desarrollo sostenible de nuestro país?. <https://www.minam.gob.pe/diadiiversidad/celebraciones-de-anos-antiores/dia-nacional-de-la-diversidad-biologica-2015/por-que-nuestra-biodiversidad-es-importante-para-el-desarrollo-sostenible-de-nuestro-pais/>
- Montero-Granados, R. (2011). Modelos de regresión lineal múltiple, 1–15. Retrieved from [http://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion\\_lineal.pdf](http://www.ugr.es/~montero/matematicas/regresion_lineal.pdf)
- Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Nesper, M., Kueffer, C., Krishnan, S., Kushalappa, C. G., & Ghazoul, J. (2017). Shade tree diversity enhances coffee production and quality in agroforestry systems in the Western Ghats. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 247(May), 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.024>

Pierrot, J., Giovannucci, D., & Kasterine, A. (2011). *Tendencias del comercio de café certificado* (No. MAR-11-197.S). Ginebra, Suiza. Retrieved from [http://www.expocafeperu.com/archivos/rainforest\\_alliance\\_tendencias\\_de\\_cafes\\_certificados.pdf](http://www.expocafeperu.com/archivos/rainforest_alliance_tendencias_de_cafes_certificados.pdf)