

Biofertilización con micro organismos eficientes de montaña para producción de cafés especiales resilientes al cambio climático provincia de San Ignacio

Biofertilization with efficient mountain micro organisms for the production of special coffees resilient to climate change, province of San Ignacio

Miguel Galecio ¹, Marcela Arteaga ², Bartolomé Rojas ³ y Ricardo Peña ⁴

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de biofertilización para la producción y calidad de cafés especiales, resilientes al cambio climático. Se desarrolló en el Distrito Huabal- San Francisco de Agua Colorada a 1847 m. s. n. m. y en el Distrito de San Ignacio-Ihuamaca, a una altitud de 1956 m. s. n. m. Se colectó los microorganismos de bosque primario aledaño. Luego en el laboratorio se realizó la prueba de papel filtro, se determinó mayor cantidad de bacterias celulolíticas, se prepararon medios de cultivo para el recuento de bacterias totales. Los biofertilizantes se prepararon añadiendo los microorganismos de montaña en el proceso de compostaje y activación. Con los tratamientos: T1(110 N, 1500 B); T2 (100 N, 3000 B); T3 (75 N, 1500 B); T4 (75N, 3000 B); T5 (50N, 1500) T6 (50N, 3000 B) y T7 (testigo) Nitrógeno y biofertilizante kg. ha-1. Se obtuvo con el tratamiento T4, 36.00 qq. ha-1 superior al resto procedente de Ihuamaca, y el tratamiento T5 logró 31.00 qq.ha-1 ligeramente fue superior al resto de tratamientos Agua Colorada. Sobre calidad en taza las muestras procedentes de Ihuamaca obtuvo 85.30 puntos café de muy buena calidad, y de San Francisco de Agua Colorada obtuvo 84.88 puntos.

Palabras clave: Biofertilizantes, café, dosis, microorganismos, taza.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of biofertilisation on the production and quality of speciality coffees, resilient to climate change. The study was carried out in the Huabal-San Francisco de Agua Colorada district at 1847 m above sea level and in the San Ignacio-Ihuamaca district at an altitude of 1956 m above sea level. Then in the laboratory, a filter paper test was carried out to determine the highest number of cellulolytic bacteria, and culture media were prepared for the total bacterial count. Biofertilisers were prepared by adding the mountain microorganisms in the composting and activation process. With the treatments: T1(110 N, 1500 B); T2 (100 N, 3000 B); T3 (75 N, 1500 B); T4 (75N, 3000 B); T5 (50N, 1500) T6 (50N, 3000 B) and T7 (control) Nitrogen and biofertilizer kg. ha-1. The T4 treatment obtained 36.00 qq. ha-1 higher than the rest from Ihuamaca, and the T5 treatment obtained 31.00 qq.ha-1 slightly higher than the rest of the Agua Colorada treatments. On cup quality, the samples from Ihuamaca obtained 85.30 points for very good quality coffee, and from San Francisco de Agua Colorada obtained 84.88 points.

Keywords: Biofertilizers, coffee, dose, microorganisms, cup.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.182>

Recibido:19/01/2021. Aceptado: 04/04/2021

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. Email: miguelgalecio9@hotmail.com
2. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Email: artegacuba@gmail.com
3. Investigador Privado, Jaén, Email: investigacioncenfrocafe@gmail.com.pe
4. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú:Email:ripecastillo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Debido a las estrechas relaciones existentes entre especies de plantas, suelos, microorganismos y ambiente, la complicación por la dinámica del suelo involucra factores físicos, químicos y biológicos, en una red de interacciones que facultan el traspaso de energía, los períodos de materiales, nutrientes y la transmisión de información Castro et al. (2015). Mientras que la agricultura intensiva altera fuertemente la capacidad de la tierra por las prácticas industriales que tienen efectos secundarios en recurso suelo. Aunque en otro sentido, sistemas alternativos agricultura de conservación y ecológica incrementan el número de muchos organismos tales como bacterias, hongos, lombrices de tierra y artrópodos, fitófagos y rizófagos. La macrofauna aumento del 100 al 2500%, los nematodos del 100 al 700% y microorganismos del 30 al 70% (Hernneron et al., 2014).

De la misma forma, las comunidades microbianas en los suelos se consideran vitales para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas. Tiene influencia sobre la salud y la producción de los cultivos con biota rizosférica de cultivos agrícolas un amplio rango de bacterias de vida libre, simbióticas o en asociación de géneros (Bhattacharyya y Jha 2012). Los efectos en las asociaciones microbianas se traducen en cambios funcionales, que pueden afectar directamente el crecimiento de las plantas. Bergeron, et al., (1996) los rasgos microbianos específicos como flagelos, plantas con polímeros que degradan enzimas (celulasas, pectinasas), sistemas de secreción de proteínas y enzimas (Barrett y Harder, 1996; Adrián y panchana, 2017).

El café es el principal cultivo permanente de agroexportación del Perú y es reconocido mundialmente por las variedades especiales y de alta calidad. Este cultivo genera más de US\$850 millones de ventas anuales y es un medio de vida de más de 220.000 pequeños productores rurales, de los que más del 50% se encuentran en las regiones de Amazonas, Cajamarca y San Martín. Posee 425.400 ha, Cajamarca tiene un área de 53.083 mil ha de cultivo café (MINAGRI, 2018).

El Perú ofrece ambientes propicios para producir cafés especiales debido a los beneficios de su clima, las zonas que se ubican por encima de 1000 m.s.n.m. Las variedades típicas son caturra, borbón y pache, incluye características de taza, buen sabor, acidez, cuerpo y aroma. Sin embargo, cada vez más complicada situación del mercado del café, las alternativas para los productores deben tomar en cuenta las tendencias del mercado: precios bajos, calidad, cafés especiales, productos saludables, conciencia ambientalista, y aprovechar las condiciones naturales (Najera, 2002). En este sentido, con la tecnología de Microorganismos de Montaña que se disponen en zonas aledañas a los cultivos de café, cuenta con

demanda. Por ello, se evaluó el comportamiento de la biofertilización en base de microorganismos de montaña para producir cafés especiales resilientes al cambio climático en la provincia de San Ignacio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de parcelas experimentales

El presente estudio se desarrolló en dos parcelas experimentales, uno en el centro poblado de Agua Colorada, Distrito de Huabal a una altitud de 1847 m.s.n.m y otro en el centro Poblado de Ihuamaca, Distrito de San Ignacio a una altitud de 1956 m.s.n.m. La ejecución se realizó entre junio del 2017 a julio del 2019.

Localización y colecta de los microorganismos eficientes de montaña

Se seleccionaron dos zonas: Agua Colorada e Ihuamaca para la evaluación de microorganismos, las mismas que fueron georreferenciadas. Se colectó 5 muestras de suelo a una profundidad de 0 a 10 cm, sacando 1 kg. Luego en el laboratorio se realizó la prueba de papel filtro, para determinar la presencia de bacterias celulolíticas. Se utilizó la técnica descritas en el manual de técnicas de análisis de suelo (Germida, 1993).

Preparación de biofertilizante

Reproducción de microorganismos de montaña

- a) **Recolección de microorganismos de montaña:** se recolectó hojarasca del bosque primario que se encuentra cerca de las fincas de café, montaña virgen.
- b) **Activación de los microorganismos de montaña:** para el fermentado anaeróbico los insumos fueron: 30 kg de hojarasca de bosque (MM); 10 L de agua limpia sin cloro; 10 kg de polvillo de arroz; 4 L de melaza (caña); 4 L de suero, 2 litros de yogurt y un bidón de 100 L de capacidad.
- c) **Mezcla de los microorganismos de montaña con polvillo de arroz:** sobre una manta de polipropileno, se incorporó 30 kg de hojarasca de bosque (MM), se agregó 10 kg de polvillo y se realizó 2 a 3 volteos.
- d) **Mezcla de la leche y melaza de caña:** se agregó yogurt y leche, se diluyó la melaza en un recipiente con agua, para incorporar la mezcla. También se realizó la prueba del puño entre 40 a 60 % de humedad.
- e) **Llenado del barril:** se depositó la mezcla dentro del barril de plástico con la capacidad de 100 litros, colocando capas de 15 cm y con un mazo de madera, se apelmazó la mezcla hasta compactar bien cada capa. Al terminar de llenar el barril se dejó un espacio vacío de unos 10 centímetros entre la tapa y el material compactado.

f) **Cerrado del barril:** se procedió a cerrar, se dejó en reposo 15 a 20 días, en lugar fresco, sombreado para favorecer su reproducción. Al destapar el barril se percibió un olor a fermentado y coloración café claro. Con este paso se indica tener las “sepas madre” activadas y listas para ser utilizadas en la producción de biofertilizantes en líquido o sólido; se verificó que no ingresará aire, para asegurar el proceso de activación anaeróbico está bien, con olor a fermentado característico agradable (Rodríguez-Calampa y Tafur-Torres 2014).

Datos meteorológicos

El clima fue cálido a una temperatura media 18.76 °C, precipitación media anual con un máximo promedio de 22.28 y la mínima con 15.30 °C. Las precipitaciones promedio mensual 4.14 mm y humedad relativa promedio 90.50 % (Tabla 1).

Tabla 1. Datos meteorológicos de zona de estudio

Año	Mes	T° Máx	T° Mín	T° Med	H.R (%)	pp.(mm)
2017	Diciembre	21.20	15.13	17.40	93.90	3.05
	Enero	21.94	15.35	18.65	93.81	5.84
	Febrero	22.30	15.41	18.85	90.87	4.52
	Marzo	21.77	15.53	18.65	87.76	2.73
	Abril	22.19	15.55	18.87	89.24	6.36
	Mayo	21.85	15.62	18.73	89.62	5.15
2018	Junio	21.43	14.59	18.01	90.20	2.23
	Julio	21.55	14.45	18.00	89.70	2.56
	Agosto	22.05	14.50	18.27	89.00	2.33
	Setiembre	24.11	15.60	19.85	87.92	1.42
	Octubre	23.91	15.93	19.92	90.63	2.66
	Noviembre	22.91	15.98	19.06	93.41	10.88
2019	Diciembre	21.41	15.13	18.27	93.90	3.02
	Enero	22.48	15.57	19.03	93.72	3.33
	Febrero	21.63	15.26	18.45	94.07	8.66
	Marzo	22.48	15.52	19.00	93.53	5.24
	Abril	23.45	15.71	19.58	95.82	4.07

Fuente: Estación Metereologica - Chiririnos -2019.

Instalación del cultivo

Se utilizó en plantaciones de café variedad pache y catimor en un área de 336 m² del campo experimental con una población de 344 plantas, con una densidad de 4500 plantas ha⁻¹ con edades que fluctuaron entre 5 a 6 años. Así mismo se tomó en cuenta el análisis de parámetros fisicoquímicos de textura, pH, materia orgánica, nitrógeno total, calcáreo, fósforo disponible, conductividad eléctrica.

Tratamientos y diseño experimental

Se ensayaron dos factores: factor A. (100, 75 y 50 kg N ha⁻¹), factor B: (1500 y 3000 kg. de biofertilizante ha⁻¹). Para los nutrientes fósforo y potasio permaneció constante las dosis de 90 kg.ha⁻¹ de P y 150 kg.ha⁻¹ de K, dosis y un testigo, utilizando como fuentes: guano de isla, roca fosfórica, sulfato de potasio y biofertilizante. La evaluación de campo se realizó por 12 meses. El diseño experimental fue bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones (Tabla 2). La dosificación se hizo en tres fases, la primera el mes de diciembre -2017 inicio de floración. La segunda aplicación se realizó el mes de febrero a inicio de cuajado de cereza y la tercera aplicación se realizó el mes de abril del 2018.

Tabla 2. Dosis total de fertilizantes más biofertilizante por tratamiento

Tratamientos	Dosis	g/planta
T1	(280 g de Guano de isla + 11g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 350 g de biofertilizantes)	740
T2	(190 g de Guano de isla + 13 g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 350 g de biofertilizantes)	643
T3	(160 g de Guano de isla + 56 g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 350 g de biofertilizantes)	665
T4	(280 g de Guano de isla + 11g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 700 g de biofertilizantes)	1090
T5	(190 g de Guano de isla + 13 g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 700 g de biofertilizantes)	1002
T6	(160 g de Guano de isla + 56 g Roca Fosfórica + 90 g Sulfato de Potasio + 9 g. de microelementos + 700 g. de biofertilizantes)	1015
T7	(219 g de Guano de isla + 37 g Roca Fosfórica + 75 g Sulfato de Potasio) – Sin biofertilizante -Testigo.	331

Aplicación de fertilizantes

Para la fertilización del cultivo de café se tuvo en cuenta el aporte del biofertilizante. Las dosis utilizadas fueron, 100 kg ha⁻¹ N, 75 kg N.ha⁻¹ y 50 kg N.ha⁻¹ y en combinación con 1500 kg. de biofertilizante. ha⁻¹ y 3000 kg. biofertilizante. ha⁻¹

RESULTADOS

El método de la preselección en una fermentación sumergida se utilizó el procedimiento descrito por Ghose (1987) y Ferrer, et al. (2011) y se encontró bacterias celulolíticas (Figura 1).

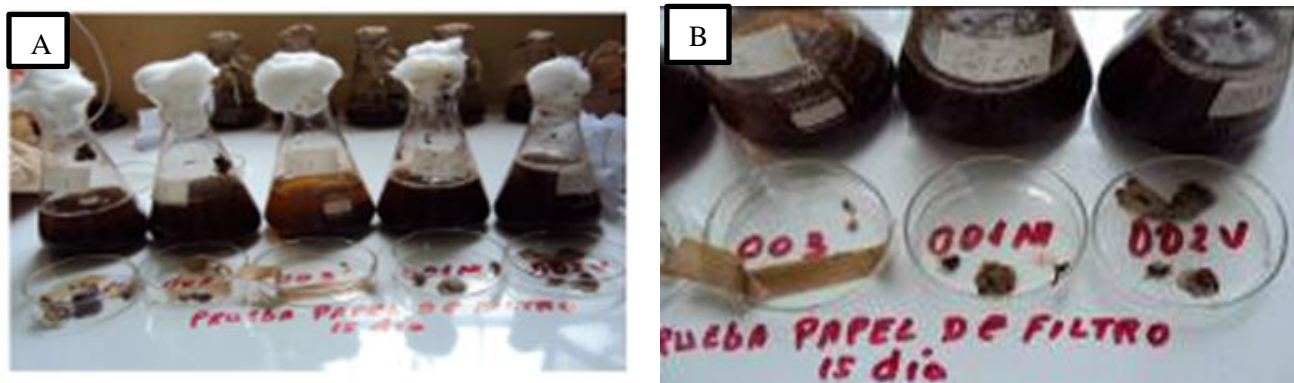


Figura 1. A. y B mayor cantidad de bacterias celulolíticas

En la Tabla 4 y 5, se muestra la mayor cantidad de presencia de microorganismos celulolíticos en la muestra 001 M.

Tabla 4. Cantidad microorganismos celulolíticos

Microorganismos celulolíticos	Prueba A	Prueba B
Muestra 001	Negativo	Positivo +
Muestra 002	Negativo	Negativo
Muestra 003	Negativo	Negativo
Muestra 001M	Negativo	Positivo +++
Muestra 002 MIV	Negativo	Positivo ++

Tabla 5. Muestras donde se encontraron mayor cantidad de microorganismos proteolíticos

Bacterias proteolíticas	Medio Agar leche
Muestra 001	Positivo ++
Muestra 002	Negativo
Muestra 003	Negativo
Muestra 001M	Positivo +++
Muestra 002 MIV	Negativo

En la Figura 2, se observa los halos de degradación de la leche, donde la muestra 002 es negativa.



Figura 2. Se observa los halos de degradación de la leche; 2= La muestra 002 es negativa no muestra los halos de degradación; 4= Microorganismos amiloliticos.

Rendimiento de cultivo de café (qq.ha⁻¹)

En la Tabla 6, se observa los promedios de rendimiento con media promedio para la Localidad de San Francisco de Agua Colorada. El análisis de varianza y prueban tukey al 5 % para los tratamientos de la misma variable indican que el tratamiento T5: (190 g. de Guano de isla + 13 g. Roca Fosfórica + 90 g. Sulfato de Potasio + 9 g. de microelementos + 700 g. de Biofertilizantes) mostro valores promedio de 31 qq.ha⁻¹, resultando superior al resto de tratamientos y testigo.

Para la localidad de Ihuamaca Tabla 7, se observa los promedios de rendimiento y el análisis de varianza. Las comparaciones fueron estadísticamente iguales los tratamientos, destacando numéricamente el tratamiento T4: (280 g Guano de Isla + 11 g. Roca Fosfórica + 90 Sulfato de Potasio + 9 g de microelementos + 700 g. de Biofertilizante), con tres fertilizaciones cada 60 días por campaña se obtuvo un rendimiento de 35.69 qq.ha⁻¹ respecto al testigo que solamente se obtuvo 27.02 qq. ha⁻¹.

Tabla 6. Prueba Duncan 0.05, para la interacción dosis de nutriente N x biofertilizantes en rendimiento de café (qq. ha⁻¹) – Agua Colorada, 2019

Tratamientos	Medias	Duncan 0.05 %
T5	31.00	a
T2	30.00	b
T1	29.33	c
T3	27.67	d
T4	24.33	e
T7	21.67	f
T6	20.33	f

Tabla 7. Prueba Duncan 0,05, para la interacción dosis de nutriente N x biofertilizantes en rendimiento de café (qq. ha-1) – Ihuamaca, 2019

Tratamientos	Medias	Duncan 0.05 %
T4	35.69	a
T5	34.36	ab
T2	32.69	ab
T6	29.69	ab
T7	28.36	ab
T3	27.69	ab
T1	27.02	b

Evaluación Sensorial mediante Catación

Se presenta la codificación de muestras en la Tabla 8, según la evaluación sensorial de la calidad otorgados por el panel catadores, siguiendo el método de Specialty Coffee Association of America (SCAA Protocols, 2014).

Tabla 8. Resultado de Catación puntos en taza, según tratamientos en parcela de Agua Colorada e Ihuamaca

Dosis	Tratamiento.	Agua Colorada			Ihuamaca		
		Bloques					
		I	II	III	I	II	III
1	T1T2	81.38	84.88	83.88	83.13	83.30	84.25
2	T3T4	82.25	84.25	84.50	84.63	84.50	85.13
3	T5T6	81.13	83.38	79.25	85.00	85.30	85.13
To	Testigo	80.92			80.92		

DISCUSIÓN

Los microorganismos celulolíticos son mesofílicos, termofílicos, aerobios y anaerobios de los géneros *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.*, *Streptomyces* y hongos como *Sclerotium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Achlya sp.*, *Rhizopus sp.* y *Penicillium sp* (Gaitán y Pérez, 2007; Morales et al., 2014). Los microorganismos amilolíticos utilizan enzimas reductoras para producir azúcares simples bacterias como *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, y *Streptomyces sp* (Morales et al., 2014). En la presente investigación diferentes tipos de enzimas en suelos húmedos y como la composición de estos suelos es netamente vegetal predominan por lo general microorganismos celulolíticos. Los microorganismos proteolíticos son capaces de degradar proteínas extracelularmente, por lo tanto, participan en los procesos de mineralización del N proteínico de los residuos orgánicos (Robertson y Groffman, 2007); este grupo de microorganismos es importante porque inician el reciclaje del N en el suelo a partir de residuos orgánicos; permite la liberación de

aminoácidos y NH_4^+ que pueden ser utilizados por las plantas, microorganismos del suelo y proceso de nitrificación (Hofmockel et al., 2010; Álvarez-López et al., 2014).

En el trabajo sobre biofertilización se evalúan la composición microbiológica de las rizosferas de varios cultivos de montaña: entre ellos el caféto (*Coffea arabica* L.) y cuando se realizó el recuento microbiano de las zonas estudiadas se encontró con un pH que osciló entre 3 y 4, el cual no es apropiado para un buen desarrollo del café, pero cuando se le agrego el biofertilizante el pH cambio a 5.39 a 5.66 y un aumento de la flora microbiana. La producción de microorganismos benéficos últimamente ha sido un proceso importante en la agricultura orgánica, por ser fácil, ligeras y económicas para un agricultor. La materia prima, hojarasca de montaña luego de diferentes procesos, obtenemos tanto el producto en sólido y líquido para su uso (Rodríguez y Tafur, 2014). Igualmente, los suelos inceptisols presentan pH 3,1 a 4,3 extremadamente ácido, con una baja CIC, muy pobres nutricionalmente y con baja saturación de bases y alto contenido de A^{+++} que puede ser altamente toxico para las plantas (Sánchez, 2015). De la investigación, se pudo hacer un recuento microbiano en algunos tratamientos obtuvieron 3×10^4 UFC/g sin la biofertilización, pero cuando se le agrego el número cambio llegando hasta 94×10^4 UFC/g. Los factores de la actividad microbiana, temperatura, pH, humedad, disponibilidad de oxígeno, nutrientes inorgánicos y accesibilidad al sustrato, influyen en la descomposición de la materia orgánica (Ramos y Zúñiga, 2008). Aunque los microorganismos del suelo no funcionan con eficacia en suelos ácidos; a medida que disminuye el pH del suelo disminuye también la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y proveen nutrientes a las plantas. Lo que contribuye agregación (agrupamiento) de las partículas, genera buena estructura, aireación y drenaje del suelo (Piedrahíta, 2009). Estos autores ratifican lo que se ha encontrado en la investigación y se observa que el pH y el número de microorganismos cambian cuando se le agrega el biofertilizante.

El rendimiento de 31 qqha^{-1} indican resultados muy por debajo por los obtenido por Alarcón, (2016); con una estimación del rendimiento, considerando una densidad de plantación de $5000 \text{ plantas. ha}^{-1}$ como la que se usa en el Fundo “Alto Florida”, nos daría 36.34 qq.ha^{-1} para la variedad Catimor, 38.89 qq.ha^{-1} para Colombia y 47.66 qq.ha^{-1} para Costa Rica 95. El mayor peso de cosecha para la variedad Catimor en promedio de $1.69 \text{ kg.planta}^{-1}$ como proyectando 36.34 qq.ha^{-1} para la variedad Catimor, valor que se aproxima a lo investigado y obtenido en la Localidad de Ihuamaca con 35.19 qq.ha^{-1} . A su vez Mosquera et al., (2015), encontraron que las dosis en el momento de la siembra de Bocashi y Vermicompost eran respectivamente 300 y 250 en la segunda y tercera aplicación incrementaron a 350 y 300 gramo.planta⁻¹; y en la cuarta a 400 y 350 gramo.planta⁻¹.

Los microorganismos eficientes como *Glomus claroideum*, *Glomus diaphanum* y *Glomus albidum*, mostró aumentos significativos en comparación con el control en todas las variables evaluadas.

La inoculación con estas plantas micorrízicas produjo sanas y vigorosas, por lo que se confía su uso como biofertilizantes (Hernández et al., 2018). Entre tanto Chacón y Rofner, (2016), bajo diferentes sistemas de manejo, en el cultivo de cafeto realizados en la región Huánuco, demostró que la diversidad de macrofauna, actividad respiratoria, densidad aparente, resistencia del suelo a la penetración, inestabilidad estructural del suelo presentan valores superiores en el sistema de manejo mejorado (rozo y sin quema más abono orgánico), disminuye la inestabilidad estructural de suelos con cultivos de café. De la misma forma Gallardo (2016), indica que una composta, bajos contenido de N, más compuestos son los lignocelulósicos, con relación C/N arriba de 16, contribuye su conservación en el suelo, al reducirse los niveles de mineralización rápida.

Mosquera et al., (2015), que los MM constituidos por colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas, se descomponen y proveen nutrientes al café. La mejor dosis del biofertilizante equivalente a 3000 kg.ha⁻¹. El nitrógeno, fósforo, potasio y biofertilizante influye directamente en la producción y calidad del café, tal como coincide en la dosis de biofertilizante de 700 g.planta⁻¹.

La muestra de la parcela experimental de Agua Colorada, arrojó mayor puntaje (PEACT₁T₂-BII =84.88 puntos), seguida de PEAT₃T₄-BII =84.50 puntos; que se denominan cafés “Muy Buena Calidad”. Para la muestra procedente de la parcela experimental de Ihuamaca el mayor puntaje que alcanzo fue la muestra PEIHT₅T₆ - BII =85.30 puntos, seguida las muestras PEIHT₃T₄ - BIII y PEIHT₅T₆ - BIII obtuvieron el mismo puntaje 85.13 puntos, se denominan cafés “Muy Buena Calidad”. Specialty Coffee Association of America (SCAA Protocols) (2014). Resultados superiores a los obtenidos por Núñez (2019), registro un mejor puntaje de 82.75 de perfil de taza variedad costa rica 95 en taza, por su genética, taza limpia y productividad muy alta. Para ambas zonas de producción Puerta et al., (2016) en una investigación destaca la calidad de café, superior y especial se obtuvo de muestras procedentes que se procesaron por buenas prácticas de manufactura, fermentación, secado al sol, calidad genética, prácticas de cosecha y postcosecha para producir un café de calidad. Algo semejante ocurrió con Vaast y Bertrand (2005), el incremento altitudinal cortejado se refleja en la calidad física y organoléptica del café, cultivado a mayor altitud, tiende a desarrollar más atributos de acidez y aroma, definiendo así un mejor

sabor y mejor calidad de la bebida. Esto se le atribuye al Centro Poblado de Ihuamaca a 1881 m.s.n.m. y de Agua Colorada a una altitud de 1956 m.s.n.m. Coincide también con los resultados de Gamonal et al., (2017), sugirieron que la calidad sensorial de los granos de café Pache y Caturra aumenta a mayor altitud de cultivo. Además de los atributos sensoriales, calidad de bebida aumenta cuando las bayas son cultivadas y cosechadas a más de 1000 metros de altitud. Mientras que Gómez, y Jaramillo, (2017), investigaron el uso de índices de calidad de suelo que relaciona con la calidad de taza de café, encontró diferencias entre índices y núcleos debidas, variabilidad de las propiedades estudiadas, a diferencias entre factores ambientales y manejo del productor en las fincas.

CONCLUSIONES

El uso de los biofertilizantes incorporando microorganismos de montaña conteniendo microorganismos celulolíticos y proteolíticos destacó el tratamiento T4 (110, 90, 150 y 3000 kg. ha⁻¹ N, P₂O₅, K₂O y biofertilizante) obtuvo 36.00 qq. ha⁻¹ fue superior al resto de tratamientos para la localidad de Ihuamaca. De igual manera la mejor calidad de taza, se obtuvo con 85.30 puntos, en taza, calificando café de muy buena calidad a una altitud de 1956 m.s.n.m.

AGRADECIMIENTOS

Programa Nacional de Innovación Agraria PNIA; Asociación de Productores Agropecuarios Lima Coffe Perú, Jaén Región Cajamarca, Asociación Campesina Andina de Integración para el Desarrollo ACAIDES. Además, como aliados estratégicos: Instituto Superior Tecnológico Público, San Agustín y Universidad Nacional de Piura que contribuyeron en la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrián, J., y Panchana, O. (2017). Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) [tesis de pre grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. Honduras 30 p.
- Alarcón, G. (2016). Comportamiento de tres variedades de café en el valle del Perené, Junín-Perú. [tesis de pre grado - Universidad Nacional Agraria La Molina] Lima – Perú 120 p.
- Álvarez-López, C., Osorio-Vega, W., Díez-Gómez, M. y Marín-Montoya, M. (2014). Caracterización bioquímica de microorganismos rizosféricos un potencial de plantas de vainilla como

biofertilizantes. *Agronomía Mesoamericana*, 25(63), 225–241.
<https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15426>

- Aparcana, S., y Jansen, A. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de productos del proceso de fermentación anaeróbica para producción de Biogás. German ProfEC, GmbH, 10 p.
- Bergeron, C., Marston, A., Gauthier, R., y Hostettmann, K. (1996). Screening of plants used by North American Indians for antifungal, bactericidal, larvicidal, and molluscicidal activities. *International Journal of Pharmacognosy*, 34(4), 233–242.
- Bhattacharyya, N., y Jha, K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327–1350.
- Castro Barquero, L.; Murillo Roos, M.; Uribe Lorío L.; Mata Chinchilla R.(2015). Inoculación al suelo con *pseudomonas fluorescens*, *azospirillum oryzae*, *bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, vol. 39(3), 21-36.
- Chacón, Q., y Rofner, F. (2016). Propiedades biológicas y físicas del suelo bajo diferentes sistemas de manejo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en La Divisoria-Tingo María. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 1(2), 72-83. 72 -83 pp.
- Ferrer-Marcelo, Y., León-Rodríguez, M., Michelena-Álvarez, G., Dustet-Mendoza, J., y César.; Duque-Ortiz, A., Ibañez-Fuentes, M., Tortoló-Cabañas, K. (2011). Selección de hongos aislados de bagazo de caña con actividad celulasa sobre cristalina para posibles aplicaciones industriales. *Icidca*, 45, 3–12.
- Gamonal, L., Vallejos-Torres, G. y López, L. (2017). Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region - Peru. *Ciência Rural*, 47(9), e20160882. Epub August 28
- Gaitán, D., y Pérez, L. (2007). Aislamiento y evaluación de microorganismos celulóticos a partir de residuos vegetales frescos y compost generados en cultivo de crisantemo [tesis pre grado. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana]. Bogotá – Colombia 114 pp.
- Gallardo, J. (2016). *Materia orgánica del suelo. Residuos orgánicos, humus, compostaje y captura de (Galardo, 2016) carbono*. Sociedad Iberoamericana de física y química ambiental. Salamanca, España. 387 p.
- Germida, J. (1993). Cultural methods for soil microorganisms. In: *Soilsampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science. Canadá, 275p.

- Gómez, L., y Jaramillo, F.(2017). Determinación de dos índices de la calidad del suelo en la calidad de la taza de café. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 6(2), 102-123.
- Ghose, T. K. (1987) *Measurement of Cellulase Activities Pure and Applied Chemistry*. 59:p. 257-268,.
- Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Chenu, C. y Blanchart, E. (2014). Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 169–181.
- Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, R., Rivera-Fernández, A., y González-Chávez, C. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de (*Coffea arabica* L.) variedades garnica, catimor, catuaí y caturra. *Agroproductividad*, 11(4). 61 -67.
- Hofmockel, K.S., N. Fierer, B.J. Colman, y R.B. Jackson. (2010). Amino acid abundance and proteolytic potential in North American soils. *Oecol.* 163:1069-1078
- Ministerio de Agricultura y Riego (2018), Plan Nacional de Acción del Café, 2018 al 2030, 26- 27. p.
- Morales, S. M. B., Castelblanco, E. M. S., & Suárez, H. J. G. (2014). Aislamiento de microorganismos amilolíticos, celulolíticos y lignolíticos a partir del suelo de humedales de Bogotá. *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 1(1), 148-155.
- Mosquera., A., Melo, M., Quiroga, C., Avendaño, D, Barahona., M., Galindo, F., Lancheros, J., Prieto, S., Rodríguez, A., y Sosa, D. (2015) Evaluación de fertilización orgánica en cafeto (*Coffea arabica*) con pequeños productores Santander - Colombia Vol. 21:(1) Enero - Junio 2016 (90 - 101)
- Najera, O. (2002). El café orgánico en México Una alternativa para los productores indígenas. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 59–75.
- Núñez, G, y Rossell E. (2019). Evaluación de la productividad y calidad en taza de la variedad de café Costa Rica 95 (*Coffea arabica* L.) en el sector de Timaruca, en la provincia de San Ignacio – Cajamarca [tesis de pre grado Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] 74 p..
- Piedrahíta, O. (2009). Acidez Del Suelo (Magnesios Heliconia S:A). *Magnesio Heliconia S.A*, 14(cuadro 1), 30.
- Planes-Leyva, M. (2004). La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. *Revista Chapingo* 10(1), 5–10.
- Puerta, G.(2016) Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. *Revista Cenicafé* 67 (1): 7-40.

-
- Ramos Vásquez, Elena, & Zúñiga Dávila, Doris. (2008). Soil microbial activity in response to different conditions of moisture, temperature or pH. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 123-130.
- Remigio, A.J., 2010. Estudio de capacidad de uso mayor de la tierra en el departamento de Piura. Gobierno Regional Piura. Informe Final, Piura. 151 pp.
- Robertson, G.P. and P.M. Groffman. (2007). Nitrogen transformation. Pages 341-364 in E.A. Paul, ed. *Soil Microbiology, Biochemistry, and Ecology*. Springer, New York, New York, USA.
- Rodríguez-Calampa, N., y Tafur-Torres, Z. (2014). Producción de microorganismos de montaña para el desarrollo de una agricultura orgánica. IV Congreso Nacional de Investigación CONACIN, 28 (2010), 1–2 p.
- Rodríguez-Calampa, N. Y., & Tafur-Torres, Z. K. L. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. Centro de investigación de ingeniería ambiental, Perú, 4, 1-1.
- Sánchez, Escalante, J. (2015). Plan de Manejo de Café en el ámbito de En los valles del Rio Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM). 68.
- Specialty Coffee Association of America (SCAA Protocols). (2014). *Cupping Specialty Coffee*, 23, 1-7.
- Tavares, D., Giarolla, A., Chou, S et al. (2018). Climate change impact on the potential yield of Arabica coffee in southeast Brazil. *Reg Environ Change* (18), 873–883.
- Vaast P., Perriot J., Cilas C., y Van K. (2003). Mejoramiento y Fortalecimiento en los Procesos de Certificación de Calidades y Venta del Café. Reporte. CIRAD-UNICAFE. 40 p.