



Propuesta metodológica para caracterizar los parámetros del clima en relación con los valores ideales y la fenología de los sembríos de café en Puno

Methodological proposal to characterize the climate parameters in relation to the ideal values and the phenology of coffee plantations in Puno

Jorge Luis Rosas García^{1*} 

RESUMEN

Evaluar la variabilidad promedio presentadas entre 2010–2018 de: la humedad relativa, la precipitación mensual, la temperatura máxima y mínima respecto a los rangos óptimos recomendada en la literatura especializada de sembrado de café. Citar documentos que sustentan el impacto de la variabilidad sobre la producción de café.

Se analizaron los datos oficiales meteorológicos determinados mediante las coordenadas de ubicación geográfica de 23 fincas de sembrado de café en Puno, luego, mediante un análisis estadístico planteamos las curvas de variabilidades promedio representativas en relación de los estadios fenológicos del café.

Los resultados muestran altos rangos de variabilidad en dos de los tres grupos de fincas analizadas: alta precipitación, humedades relativas dentro del 90 y 98 %, temperaturas altas o bajas con respecto al rango idóneo, presencia de *Hyphotenemus hampei* (La Broca del café), *Hemileia Vastatrix* (Roya) y *Mycena citricolor* (Ojo de pollo) en las zonas donde hubo incidencia previa de alta precipitación.

Palabras clave: agroclimatología, café, fitopatología, estadísticas científicas.

ABSTRACT

Evaluate the average variability presented between 2010 - 2018 of: relative humidity, monthly precipitation, maximum and minimum temperature with respect to the optimal ranges recommended in the specialized literature on coffee plantations. Cite documents that support the impact of variability on coffee production.

The official meteorological data indicated were analyzed through the geographic location coordinates of 23 coffee farms in Puno, then, through a statistical analysis, we plotted the curves of representative average variabilities in relation to the phenological stages of coffee.

The results show high ranges of variability in two of the three groups of farms analyzed: high rainfall, relative humidity between 90 and 98%, high or low temperatures with respect to the ideal range, presence of *Hyphotenemus hampei* (La Broca del café), *Hemileia Vastatrix* (Roya) and *Mycena citricolor* (Ojo de pollo) in the areas where there was a previous incidence of high rainfall.

Keywords: agroclimatology, coffee, plant pathology, scientific statistics.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado, Lima, Perú

*Autor de correspondencia. E-mail: jorge.rosas@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

Los investigadores de café afirman que el control plagas es determinante para alcanzar niveles óptimos de calidad y rendimiento, además que la población de plagas tiende a incrementarse por el efecto del cambio climático (FHIA, 2019).

En Colombia existen 83% de sembríos de café con variedades uniformes y homogéneas resistentes a las plagas que son constantemente monitoreados, los cafetales alcanzan un promedio de seis años de alto rendimiento productivo, densidades de siembra de 5,243 árboles/Ha, y una productividad mínima global país de 1284 Kg/Ha (MADR, 2021). Sin embargo, pese a todo esto entre octubre 2021 y enero 2022, Colombia ha visto reducida su producción de café en 20% principalmente por alteraciones de las condiciones climáticas favorables (El Productor, 2022).

Honduras, desarrolló estrategias para el sector cafetero tales como: implementar la diversidad productiva y económica en sus fincas para evitar la descapitalización, contar con estaciones meteorológicas para monitorear los microclimas y relacionarla con la productividad, la calidad y la dinámica de plagas y enfermedades (IHCAFE, 2020; FHIA, 2019).

En el Perú, el sector cafetalero es un sector que necesita modernizarse con énfasis en sus pequeños y medianos actores productivos, son 223,000 familias dedicadas al café (JNC, 2020).

Colombia, Honduras y Perú entre 1992 – 2020 exportaron una media de café por año de: 715,608; 217,823 y 173,361 toneladas respectivamente (ICO, 2021), el alto volumen de exportación de los dos primeros es el resultado de: su excelente manejo postcosecha, efectivo apoyo técnico-científico y a la vigilancia constante de los parámetros meteorológicos de los sembríos de café en todo su territorio (CEINCAFE, 2021).

En este estudio se tomó como referencia a CECOVASA que tiene más de 50 años sembrando café bajo la forma organizacional de Cooperativa (CECOVASA, 2013). Lamentablemente Puno entre 2010 – 2013 presentó rendimientos promedio de alrededor de 678 Kg/Ha (AAN, 2020). En la Tabla S1 se

pueden ver las estadísticas de producción y precios del café en la Puno.

De manera general la producción agrícola tiene factores dependientes que deben ser manejados por el agricultor y factores independientes como los climáticos (Choque Alave, 2021). El presente artículo trata de estos últimos factores el control climático para la siembra y su impacto.

Los datos evaluados se obtuvieron de: El SENAMHI, el software libre Worldclim V2.0 (USAID, 2021). La altura de ubicación de las fincas fue determinada por el Instituto Geográfico del Perú, la humedad relativa ha sido considerada solo para dos grupos de fincas tomadas de la estación meteorológica Tambopata del SENAMHI (SENAMHI, 2021).

II. MARCO TEÓRICO

Las plantas, el fitoplancton, algunas diatomeas y las cianobacterias son las únicas especies que realizan la fotosíntesis, este proceso consta de dos fases: una fase luminosa (día) y una oscura (noche) (LC, 2017).

La planta durante el día transforma la luz en energía química, por la noche produce glucosa y fija CO₂ en su estructura. Cada fase necesita rangos de ambientales referenciales característicos inherentes en una zona geográfica, los rangos climáticos necesarios para las plantas, son resultados de las adaptaciones metabólicas y anatómicas de cada especie vegetal cuando buscan hacer uso eficiente de agua y optimizar la velocidad de asimilación de CO₂ (INTAGRI, 2018).

Las condiciones favorables para el desarrollo del café requieren: Ubicación geográfica específica, condiciones de suelo óptimas, manejo agrícola adecuado, condiciones climatológicas deseables, variedad adecuada, ausencia de plagas y microorganismos, entre otros (Pérez e Iannacone, 2020). La ubicación geográfica, la elevación sobre el nivel del mar, la temperatura, la precipitación promedio, la vegetación presente, el tipo de suelo y la topografía impactan en su calidad (CSC, 2020). Un factor adicional comprobado con certeza científica, es la relación existente entre el cambio magnético de la tierra y las modificaciones del clima

(Campetella, 2021).

Las causas del cambio climático son naturales y antrópicas, se presentan con presencia y variaciones de lluvias, incremento de tormentas o sequías prolongadas que favorecen la aparición de plagas y enfermedades reduciendo la producción agrícola (Isaza y Cornejo, 2014).

Los cambios en la temperatura y los regímenes pluviales tienen efectos directos sobre los rendimientos de los cultivos e indirectos en la disponibilidad de agua de riego (IFPRI, 2009).

Debemos tener en cuenta el enfoque Ricardiano que señala. **“... en mercados competitivos el valor de la tierra representa el monto presente de los ingresos netos esperados derivado del uso eficiente de la tierra, la estimación de que en un área se presente rangos climáticos favorables potencializa un retorno de inversión”** (Nájar y Villena, 2015).

La fenología es el estudio del crecimiento físico cíclico de un cultivo directamente relacionado con los resultados de su producción. La agrometeorología es la disciplina que estudia y monitorea el comportamiento de los factores fenológicos con las variables climatológicas con el objetivo de obtener resultados óptimos en los campos cultivados (Ramírez, 2011).

Para determinar la mejor ubicación de un sembrío de café se consideran seis variables: Temperatura, agua disponible, radiación solar, velocidad del viento, tipo de suelo y la topografía del terreno. tanto el viento como la humedad del aire pueden influir en gran medida en el efecto de la temperatura del aire (Wintgens, 2004).

La disponibilidad de agua involucra la lluvia y la humedad atmosférica, las precipitaciones son el factor restrictivo más importante para el cultivo del café. El patrón de lluvia debe incluir algunos meses con poca o ninguna lluvia para inducir la floración (Wintgens, 2004).

Los factores ambientales y físicos macro climáticos son decisivos al instalar una plantación de café, debemos corroborar que se presenten condiciones favorables para su cultivo. Por tanto, la combinación de los

efectos de la altitud y la latitud sobre las temperaturas medias tiene un impacto importante en la ubicación de las zonas cafetaleras (Wintgens, 2004).

III. VARIABILIDAD DEL CLIMA

El cambio climático es monitoreado por la NASA graficando los incrementos de los niveles de CO₂ en el ambiente respecto al tiempo. Se observan incrementos de los niveles que por largo tiempo estuvo por debajo de 300 ppm, pero a partir de 1950 estos niveles aumentaron hasta 430 ppm. Las consecuencias de estas variaciones impactan directamente sobre la vida, sobrecalienta los océanos, acidifica el ambiente, origina sequías, precipitaciones e inundaciones, sobre todo genera impacto agrario a nivel global, hambre, desnutrición, pobreza, etc (NASA, 2021).

La fenología del café estudia el desarrollo de la planta desde que se le proyecta, buscando el perfecto brote del fruto cuando ha germinado y se le establece como arbusto en los campos de cosecha definitivos (Ramírez, 2014), se ha observado que son procesos vitales periódicos demandantes de parámetros climáticos referenciales locales, este estudio se tomaron los valores referenciales reportados en la Tabla S2, tomados de diversos autores citados más adelante.

El café crece y se desarrolla en franjas geográficas donde existen las variables climáticas específicas. En la web https://www.elcafetero.es/articulos/a-que-pais-cafetero-pertenece/_se_puede_apreciar_los_paises_aptos_para_el_sembrado_de_cafe_a_nivel_global.

Son muy importantes los registros de los periodos de floración del café en cada finca ya que nos permite determinar: la época de fertilización en relación con los patrones de cosecha, proyectar la posible cantidad de la cosecha de una finca, identificar los periodos críticos de déficit hídrico, identificar los periodos críticos de ataque de plagas, identificar los periodos críticos de defoliación (Ramírez, 2014).

Los efectos directos del clima sobre los cultivos y plantas se observan en los patrones de precipitación y de temperatura de aire, la disminución del estadio de crecimiento y la presencia de plagas y enfermedades

(Fernández, 2013).

Las altas temperaturas del aire pueden detener la fotosíntesis, evitar la fertilización de los óvulos de las plantas e inducir a la deshidratación. El incremento de la temperatura también ocasiona un aumento en la tasa de desarrollo fenológico reduciendo el periodo de crecimiento y reduciendo el rendimiento total del cultivo (Fernández, 2013).

IV. LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CAFÉ

La Broca del café (*hyphotenemus hampei*) (Ferrari), es el insecto más importante que ataca al café, se han estudiado sus ciclos de vida, se conoce que su reproducción se ve favorecida al encontrar frutos en el suelo donde depositan sus huevos que en periodos de días alcanzan su máximo desarrollo y se trasladan a los frutos de los arbustos. La humedad afecta la mortalidad y su potencial reproductivo, bajos niveles de humedad fomenta alta mortalidad, su máxima fecundidad se da entre 90 y 93.5% de Humedad relativa (H.R.) (Bustios Pardey, 2006).

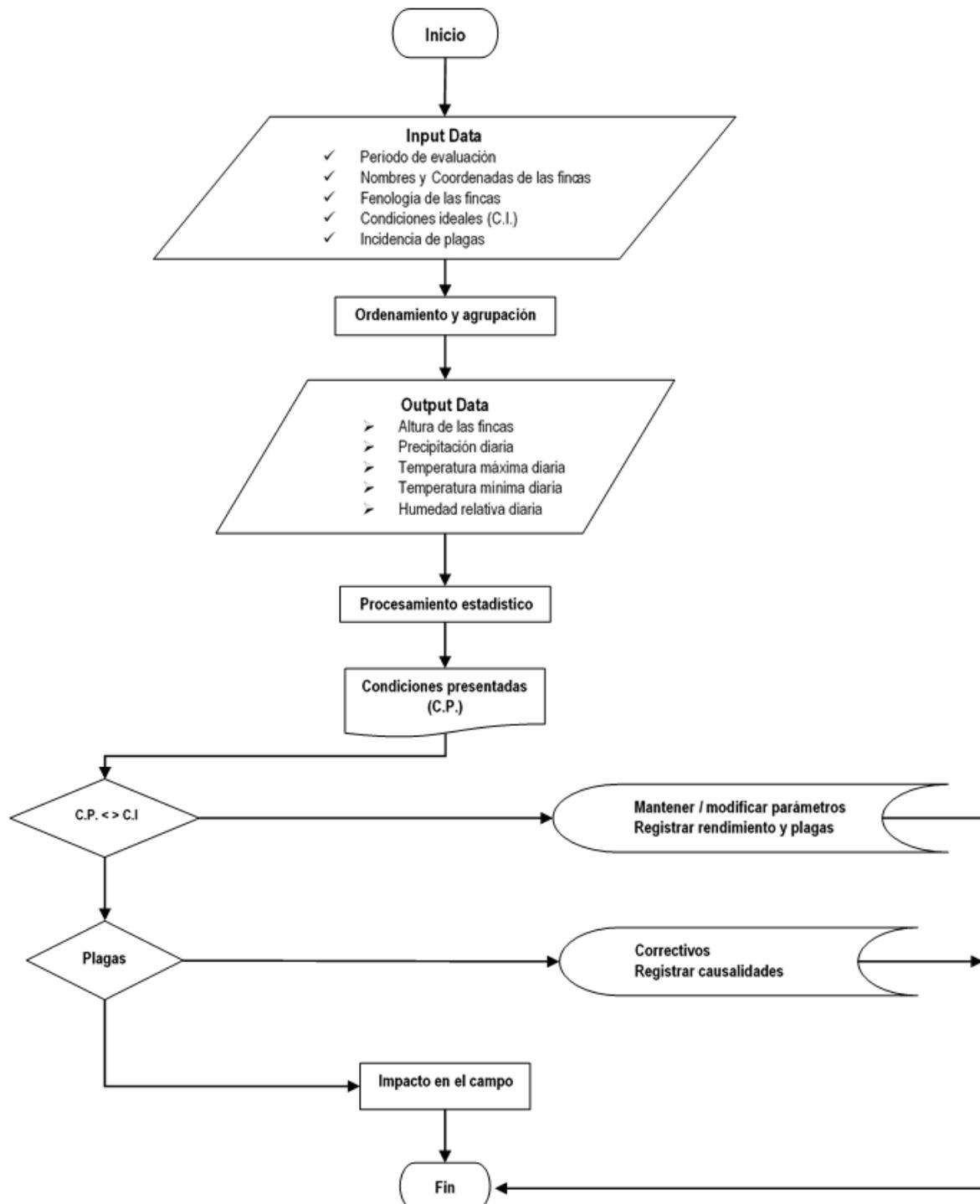
La Roya (*Hemileia Vastratix*) (herrumbre), es una de las enfermedades de plantas más catastróficas, es de alto impacto en la industria cafetalera en América Latina producen alrededor de 30% de pérdidas de las cosechas, la enfermedad lo causa el hongo *Hemileia Vastratix* que se posiciona en las hojas del café ya que

en el suelo no sobrevive ni en el vegetal inerte. La roya necesita el agua para difundirse en forma de esporas del hongo, que las libera de su letargo, el rango de temperatura favorable la roya esta entre 21 a 25 °C, el aumento de las precipitaciones los cambios de temperaturas del aire, la disminución del brillo solar y la alta humedad relativa son las condiciones propicias para su desarrollo (Cárdenas López *et al.*, 2021).

Mycena citricolor (Ojo de gallo), se presenta a altitudes superiores a 700 msnm, en sombra, el mecanismo de ataque no está claro, pero se estima que libera ácido oxálico para modificar el pH que induce la producción de enzimas que degradan las paredes foliares de los cafetos, este hongo una vez establecido prospera utilizando el metabolismo de la planta para alimentarse. Las condiciones favorables son: temperatura entre 18 a 21.5 °C, Humedad Relativa 90% o mayores y luminosidad de 760 Lux (SENASICA, 2014).

La implementación del monitoreo agrometeorológico en los cultivos del café es un recurso valioso para evaluar cómo estos elementos climáticos afectan directamente la fenología y la incidencia de plagas y enfermedades en la producción del café. En este monitoreo se deben caracterizar los periodos con excedente y déficit hídrico a lo largo del año, así como el relevamiento de plagas y enfermedades durante el ciclo del café (Tabla S3 y S4).

V. METODOLOGÍA



VI. RESULTADOS

Se presenta los resultados en las figuras y tablas, que se pueden ver en el material suplementario, empleados en el análisis y conclusiones respecto al marco teórico referido.

VII. DISCUSIÓN

Altamirano (2012) y Jaramillo (2005), consignan distintas fuentes que ratifican los valores tomados para estos análisis señalados en la Tabla S1, Guerrero y otros describen los impactos de la variación de temperatura en la productividad, citan en el documento un compilado de muchos autores que realizaron las principales investigaciones sobre el impacto climático con los resultados de la producción del café (Guerrero Carrera).

Ferrera (2002) expone una aplicación de la agrometeorología, mientras que Cadena (2021) estudia y demuestra el impacto de las variaciones de las condiciones ideales ambientales para la quinua en el Ecuador.

La Tabla S7 presenta un resumen de: valores de p que indican ausencia de normalidad, las medidas de tendencia central, el número de datos de cada parámetro evaluado, valores que corroboran las consideraciones teóricas de las fuentes tales como: a mayor altura la temperatura, la precipitación disminuyen. La humedad relativa, se ha relacionado con las fincas del Grupo I y II función de la distancia respecto a la estación meteorológica, los valores están entre 90 – 98%, que propician plagas y hongos, esto se materializó en 2014 cuando la producción cayó en 30.5% respecto al año anterior véase la ilustración 2.

Los datos de Worldclim V2.0 son pertinentes de ser tomados en ciertos estudios, en 2014 Bunn y otros emplearon datos para una investigación (Bunn *et al.*, 2014), existe alternativas como el CROPWAT que contiene datos publicados por la FAO, es importante considerar la metodología para determinar las relaciones y calcular la Evapotranspiración con los datos meteorológicos a fin de estimar la demanda hídrica en los sembríos (FAO, 2006).

Los datos aquí encontrados se emplean también en

estimar la disponibilidad hídrica (falta o exceso de agua) se calcula mediante un balance hídrico de las zonas agrícolas, en conjunto con las propiedades edáficas determinan la idoneidad de conseguir los rendimientos de las cosechas, una metodología puede revisarse en Claro Rizo (2006). Cabe destacar que Flores Villanueva y Castillo Gálvez (2017) presentaron un desarrollo de una red de estaciones meteorológicas para las zonas cafetaleras.

La Cámara Peruana del Café y Cacao tiene registros de 5,507 fincas de sembrado de café en el Perú, en Puno puntualmente 112 de las cuales solo hemos analizado 23 de ellas (CPCC, 2021)

VIII. CONCLUSIONES

Planificar e implementar registros meteorológicos de los sembríos de café podría materializarse con el liderazgo técnico del SENAMHI. El maximizar los resultados productivos permitirá costear cualquier esfuerzo que demande esta vital decisión.

Buscar localizaciones favorables de sembríos permitirán: planificar los resultados productivos, abandonar aquellos de baja producción, lograr uniformizar la calidad del producto. Monitorear continuamente los sembríos permitiría aplicar correctivos pertinentes.

Turbay y otros recogieron estrategias para enfrentar la variabilidad climática en Colombia respecto al impacto en el café que podrían en Perú (Turbay *et al.*, 2013).

La Figura S2 presenta la disminución de la producción de café en Puno en 2014. Sin embargo, en las fincas del Grupo III hubo ausencia de plagas, la curva de parámetros de la Figura S6 correspondiente al Grupo III de fincas señala que tuvo un comportamiento de valores climáticos similares a los indicados en la Tabla S1, en dicha localidad las temperaturas son relativamente bajas que no favorecen el desarrollo de las plagas.

Comparativamente las figuras S4, S5 y S6 arroja que las fincas del Grupo III los parámetros analizados se ajustan a los ideales, se corrobora que en dicha zona se produce un café de mejores cualidades organolépticas (ANDINA, 2020).

Se puede apreciar algunos modelos que estiman el

impacto climatológico sobre los sembríos (IICA, 2015), específicamente para el café lo ha realizado CENICAFE (Montoya *et al.*, 2009).

La precipitación ideal para una planta de café está próximo a 125 mm/mes, los periodos de sequía deben ser menores o no más de 30 días para que no afecten la producción si la Evotranspiración está entre 3 – 4 mm/día, fuera de este rango se considera muy probable que se afecte la producción o se promueva la presencia de enfermedades y plagas en el campo (Claro Rizo, 2006).

Los rangos de humedad relativa es un parámetro determinante para que en la finca se promueva las plagas y los hongos, valores altos afectaran económicamente la continuidad de la operación rentable de una finca.

Recomendaríamos validar los datos del Worldclim, algunos lugares geográficos tienen discrepancia frente a comparativos locales (Fernández y Milla, 2018).

IX. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a las siguientes instituciones nacionales que le brindaron su apoyo: CECOVASA, la Cámara Peruana de Café y Cacao, el Instituto Geográfico del Perú, la Universidad Nacional Agraria la Molina, el SENAMHI del Perú, CENICAFE de Colombia, a los diferentes especialistas nacionales en el tema café quienes hicieron un valioso aporte respecto al tema planteado, a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM quienes en todo momento nos brindaron el apoyo incondicional para solicitar los datos oficiales y redactar esta publicación.

X. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

El autor participo en la conceptualización, metodología, investigación, redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final.

XI. CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara no tener conflicto de intereses.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAN (Agencia Agraria de Noticias). 2020. Rendimiento *productivo promedio del café en Perú es uno de los más bajos comparado con otros países*. <https://agraria.pe/noticias/rendimiento-productivo-promedio-del-cafe-en-peru-es-uno-de-l-22325> (Consultada el 27 de agosto de 2020)
- ANDINA (Agencia Peruana de Noticias). 2020. *Producción del café* <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-del-cafe-peruano-conoce-las-zonas-productoras-el-peru-723069.aspx> (Consultada el 19 de noviembre de 2020)
- Altamirano, J. 2012. *Influencia de la variabilidad climática sobre la producción de café (Coffea arabica L.) en Honduras*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba (Costa Rica).
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O., y D. Kirschke. 2014. "A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee". *Climatic Change* 129(1): 89–101.
- Bustios Pardey, A. E. 2006. "Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)" *Revista Colombiana de entomología* 32 (2): 1-16.
- Cadena Zumárraga, F. M. 2021. *Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (Chenopodium quinua), en la provincia de Chimborazo*. Tesis de Maestría. Universidad Andina Simón Bolívar. Chimborazo (Ecuador).
- CPCC (Camara Peruana de Café y Cacao). 2021. 24 *Convencion Nacional de café y cacao* <https://camcafeperu.com.pe/ES/> (Consultada el 23 de noviembre de 2021).
- Campetella, E. 2021. *Meteorología tiempo* <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/desastre-climatico-inversion-de-campo->

- magnetico-hace-42000-anos-tierra.html (Consultada el 28 de febrero de 2021)
- Cárdenas López, J., Rodrigo Suarez, O., y E. F. Orozco. 2021. *Roya del cafeto (Hemileia vastatrix)*
<https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto> (Consultada el 24 de agosto de 2021)
- CECOVASA (Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia). 2013. *una experiencia Cooperativista. Informe Tecnico*. Lima (Perú)
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 2021. *Plataforma Agroclimática Cafetera*.
<https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/home> (2 de enero de 2021).
- Choque Alave, D. 2021. *Evolución de la exportación de café*. Tesis de Pregrado. Universidad de Lima. Lima (Perú).
- Claro Rizo, F. 2006. *Índice de disponibilidad hídrica*. Informe Técnico. Bogotá (Colombia).
- CSC (Consejo Salvadoreño del Café). 2020. *Guía Práctica de Caficultura*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: Informe Tecnico. (Salvador)
- El Productor. 2022. *Producción de café colombiano cayó 20 por ciento en enero*.
<https://elproductor.com/2022/02/produccion-de-cafe-colombiano-cayo-20-por-ciento-en-enero/> (Consultada el 4 de enero de 2022).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006. *Evapotranspiración del Cultivo*. Informe Técnico. Roma (Italia).
- Fernández, M. E. 2013. *Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo* - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe Tecnico. Lima (Perú)
- Fernández, G., y Milla, D. 2018. "Validez de los datos de precipitación media mensual (1970-2000) generados por el modelo WorldClim V2.0 para Venezuela". *Terra Nueva Etapa* 34 (56): 1-17.
- Ferrera, C. 2002. *Agroclimatología*. Informe Tecnico. Murcia (España).
- Flores Villanueva, W., y Castillo Gálvez, F. C. 2017. "Desarrollo de una red de estaciones meteorológicas mediante el uso del sistema arduino en zonas cafetaleras de la república del Perú" *Revista Ciencias* 1(1): 1- 8.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2019. *Informe Anual 2018 - 2019*. Tegucigalpa (Honduras).
- Google. 2021. *Google earth Pro*.
<https://earth.google.com/web/@-14.31810599,-69.45330432,2261.1245386a,130.44325107d,35y,63.29432841h,44.99333951t,0r> (Consultada el 12 de julio de 2021).
- Guerrero Carrera, J., Jaramillo Villanueva, J., Mora Rivera, J., Bustamante Gonzáles, Á., Vargas López, S., y N.Chulim. 2020. "Impacto del cambio climático sobre la producción de café. México". *Tropical and Subtropical Agrosystem* 23(3): 1-16
- IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2021. *Memooria Corporativa IHCAFE Cosecha 2018-2019*.
https://issuu.com/cesarmaradiaga2/docs/memoria_ihcafe_2019 (Consultada el 21 de enero de 2020).
- ICO (International Coffee Organization). 2021. *Total production by all exporting countries*. Informe Técnico. Londres (Reino Unido)
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. *Modelos de simulación y herramientas de modelaje*. San José (Costa Rica): Unión Europea, IICA.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). 2009. *Cambio Climático El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Ciudad de México (México): CEPAL.
- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica

- en Agricultura). 2018. *Plantas C3, C4 y CAM. Artículos Técnicos de INTAGRI*. Informe técnico. Ciudad de México (México)
- Isaza, C., y J. Cornejo. 2014. *Solidaridad*. <http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/10/CambioClimaticoYCAfe.pdf> (Consultada el 15 de marzo de 2020).
- Jaramillo, Á. 2005. *Clima andino y café en Colombia*. Chinchina (Colombia): CENICAFÉ.
- JNC (Junta Nacional del Café). 2020. *Junta del café* <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/> (Consultada el 2 de septiembre de 2021).
- LC (Lloto de café). 2017. *Área agrícola*. <https://www.llotodelcafe.com/area-agricola> (Consultada el 27 de octubre de 2021).
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2021. *Cadena de Café*. Bogotá (Colombia): Minagricultura.
- Montoya, E. C., Arcila, J., Jaramillo, Á., Riaño, N. M., y F. Quiroga. 2009. *Modelo para simular la producción de café en Colombia*. Boletín Técnico. Chinchiná (Colombia).
- Nájar, M. M., y M. V. Villena. 2015. *EL impacto del clima sobre el ingreso neto de los agricultores en el Perú: enfoque ricardiano*. Tesis de Maestrías. Universidad del Pacífico. Lima (Perú).
- NASA. 2021. *Global climate change*. <https://climate.nasa.gov/evidencia/> (Consultada el 29 de julio de 2021).
- Pérez, G., y J. Iannacone. 2020. "Impacto del cambio climático en la disponibilidad de las aguas superficiales en Sudamérica" *PAEDEIA XXI* 10 (1): 173 - 202. DOI: 10.31381/paideia.v10i1.2981
- Quintana, V. C. 2018. *Radiosensibilidad de café (Coffea arabica L. var. Typica) aplicado con radiación gamma*. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima (Perú).
- Ramírez, V. H. 2014. *La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones*. *Avances técnicos*. Informe Técnicos. Caldas (Colombia)
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2021. *Datos Hidrometeorológicos*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones> (Consultada el 15 de Julio de 2021).
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2014. *Manual de Observaciones Fenológicas*. Lima (Perú): SENAMHI y MINAGRI
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. *Ficha Técnica Nro. 49 Ojo de gallo Mycena Citricolor*. Informe Técnico. Coyoacán (México)
- Turbay, S., Nates, B., Jaramillo, F., Vélez, J., y O. Ocampo. 2013. "Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia". *Sistema de Información Científica* 85(1): 1-19.
- USAID (Agencia de EE. UU. para el Desarrollo Internacional). 2021. *Worldclime*. de Global Climate Data: <http://www.worldclim.com/version2> (Consultada el 18 de julio de 2021).
- Ramírez, H.V. 2011. "Variabilidad Climática y la floración del café en Colombia". *Avances técnicos CENICAFE*. 407: 1 - 8.
- Wintgens, J. N. 2004. "Biomass production and distribution in seedlings of *Coffea arabica* genotypes under contrasting nursery environments in southwestern Ethiopia" *Agricultural Sciences* 3 (6): 1-12.
- Worldclim. 2020. *Worldclim*. <https://worldclim.org/data/index.html> (Consultada el 13 de marzo de 2021)