

Caracterización y zonificación por aptitud agroclimática del cultivo de Café (*Coffea arabica*) en las provincias de Jaén y San Ignacio, Cajamarca



2020

**CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN POR APTITUD AGROCLIMÁTICA DEL CULTIVO DE CAFÉ
(COFFEA ARABICA) EN LAS PROVINCIAS DE JAÉN Y SAN IGNACIO, CAJAMARCA**

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI

Rubén José Ramírez Mateo
Ministro del Ambiente

Ken Takahashi Guevara
Presidente Ejecutivo del Senamhi

Constantino Alarcon Velazco
Director de Agrometeorología

Karim Quevedo Caiña
Subdirectora de Estudios e Investigaciones Agrometeorológicas

Equipo Técnico

Oswaldo Diaz, Fernando Pastor, Manuel Ortega, Luis Cruzado y Karim Quevedo.

Primera edición: 2020.

© Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)
Jr. Cahuide 785, Jesús María, Lima- Perú. Teléfono: (01) 614-1414
www.gob.pe/senamhi

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente,
sin permiso expreso.

Contenido

PROLOGO	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TERRITORIO DE ESTUDIO.....	6
1.1 MEDIO FÍSICO	7
a. Clima.....	7
b. Suelos	8
c. Pendiente del terreno	12
1.2 MEDIO BIOLÓGICO	13
a. Pisos altitudinales.....	13
b. Cobertura vegetal.....	14
1.3 ACTIVIDAD AGROPECUARIA	15
a. Estructura del espacio agropecuario.....	15
b. Usos de la tierra	20
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	23
2.1 BASE DE DATOS	23
a. Climática.....	23
b. Cultivo	27
c. Suelo.....	29
d. Características del territorio.....	29
2.2 CARACTERIZACIÓN	30
a. Evaluación de la interacción clima-cultivo	30
b. Evaluación de la interacción suelo-cultivo	30
2.3 APTITUD AGROCLIMÁTICA	30
2.3.1 Aptitud del cultivo según el clima	32
2.3.2 Aptitud del cultivo según el suelo	33
2.3.3 Aptitud del cultivo según el territorio	34
CAPÍTULO III RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN.....	36
3.1 Subclasificación de la Zonificación por Componentes	36
3.1.1 Componente Suelo – Cultivo.....	42
3.1.2 Componente Territorio – Cultivo	44
3.1.3 Componente Clima - Cultivo	46
3.2 Clasificación de la Zonificación Agroclimática.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

PROLOGO

El presente estudio fue realizado por la Subdirección de Estudios e Investigaciones Agrometeorológicas (SEI) de la Dirección de Agrometeorología (DAM) del SENAMHI en el marco del Plan Operativo Institucional (POI) del año 2020. Para esto se planificó y ejecutó el estudio de *“Caracterización y Zonificación por aptitud agroclimática del cultivo de café (Coffea arabica) en las provincias de Jaén y San Ignacio, Cajamarca”*.

El estudio fue realizado con apoyo de especialistas de las Direcciones Zonales del SENAMHI, el Gobierno Regional de Cajamarca y Gobiernos Locales de las zonas de estudio, además de la oficina de Estadística e Informática del MINAGRI.

El desarrollo del presente ayudará a complementar y articular la información climática y del cultivo de café que ya se tiene, siendo este un cultivo de agroexportación de gran importancia económica y social, además de ser Cajamarca una de las principales zonas productoras de este recurso a nivel nacional. En conjunto con esto, se sabe que la zonificación por aptitud forma parte de los planes de ordenamiento territorial que desempeñan los gobiernos locales en miras de una mejor administración del recurso suelo y se espera que el presente estudio sirva de línea base para el desarrollo de otros estudios complementarios.

Este estudio contempla dos partes: la primera analiza el estado promedio de los principales elementos del clima (temperatura del aire y precipitación) e índices agroclimáticos relacionados a estas variables durante la campaña agrícola de los principales cultivos. La segunda parte muestra, en las provincias de Jaén y San Ignacio, las zonas con mayor o menor aptitud agroclimática para la producción del cultivo de café.

Se espera a futuro que se desarrollen más estudios de zonificación y otros estudios complementarios con fines de lograr cada vez una mejor administración de nuestros recursos.

INTRODUCCIÓN

El café puede considerarse como uno de los principales cultivos permanentes en el departamento de Cajamarca. El café con 85 523 has es el cultivo más importante ya que representa el 64,1 % de la superficie agrícola con cultivos permanentes del departamento. La provincia de San Ignacio, seguida de la provincia de Jaén, presentan la mayor parte de la superficie agrícola sembrada con café, siendo el 60,0 % y 24,4 % respectivamente de toda la superficie sembrada con café en Cajamarca (INEI - IV CENAGRO, 2012).

Del cultivo de café depende la economía de muchas familias de dichas provincias, ya que estas tierras representan años de trabajo, inversión y bienes capitalizados para la población. Es por esto que se considera de gran relevancia el conocer las características del clima sobre el cultivo de café, el cual al ser casi en su totalidad un cultivo bajo secano, dependerá en gran medida de las condiciones climáticas, las cuales son uno de los factores sobre el cual menor control se tiene a nivel tecnológico y que más condiciona al cultivo.

Al respecto los estudios agroclimáticos brindan una visión general del comportamiento de las variables climáticas en una determinada zona geográfica, valiéndose de data histórica recolectada, con lo cual permite la identificación de áreas potenciales para el establecimiento de cultivos, así como las limitaciones por aspectos edafoclimáticos. Esta información es de mayor utilidad aún cuando se determina y zonifica la aptitud agroclimática para el cultivo, la cual da un índice sobre el grado de satisfacción de las exigencias climáticas del mismo, determinando cuáles son las áreas potenciales para un desarrollo del cultivo en función de variables como suelo, clima y cultivo (Pascale et al., 2003; Jiménez et al., 2004).

En este estudio se determinará el comportamiento de las variables climáticas que tienen mayor influencia en el cultivo del café, información que a su vez servirá de base para elaborar la zonificación por aptitud agroclimática, la cual será una guía espacial y temporal de las zonas de las provincias de Jaén y San Ignacio que cumplen con las demandas climáticas de cada una de las etapas del cultivo de café para un óptimo desarrollo.

CAPÍTULO I

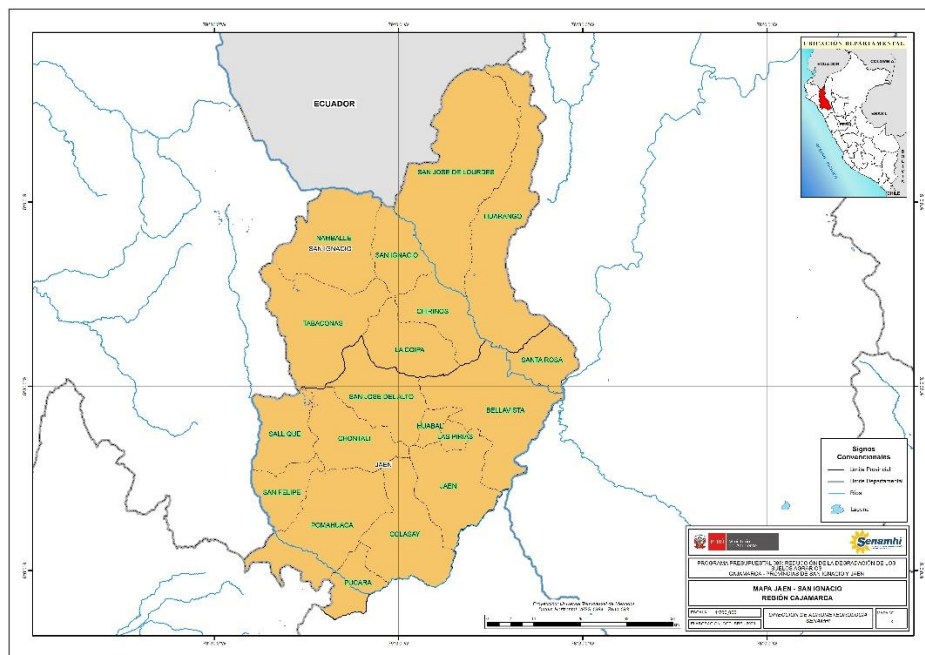
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TERRITORIO

DE ESTUDIO

La provincia de Jaén, localizada en la zona norte del departamento de Cajamarca, limita por el norte con la provincia de San Ignacio (Cajamarca), por el sureste y sur con la provincia de Cutervo (Cajamarca), por el suroeste con la provincia de Ferreñafe y Lambayeque (Lambayeque), por el este con la provincia de Bagua y Utcubamba (Amazonas) y por el oeste con la provincia de Huancabamba (Piura) (**Figura 1**). Su superficie es de 5 232,57 km², la cual representa el 15,7 % de la superficie total de Cajamarca (INEI, 2009).

La provincia de San Ignacio, ubicada en el extremo norte del departamento de Cajamarca, limita por el norte con la provincia de Zamora Chinchipe (Ecuador), por el sur con la provincia de Jaén (Cajamarca), por el este con la provincia de Bagua (Amazonas) y por el oeste con la provincia de Huancabamba (Piura) (**Figura 1**). Su superficie es de 4 990,3 km², la cual representa el 15,0 % de la superficie total del departamento (INEI, 2009).

Figura 1: Mapa territorial de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: ZEE Cajamarca, 2012

A continuación, se describen las características del entorno de las provincias de Jaén y San Ignacio tanto para el medio físico como el biológico:

1.1 MEDIO FÍSICO

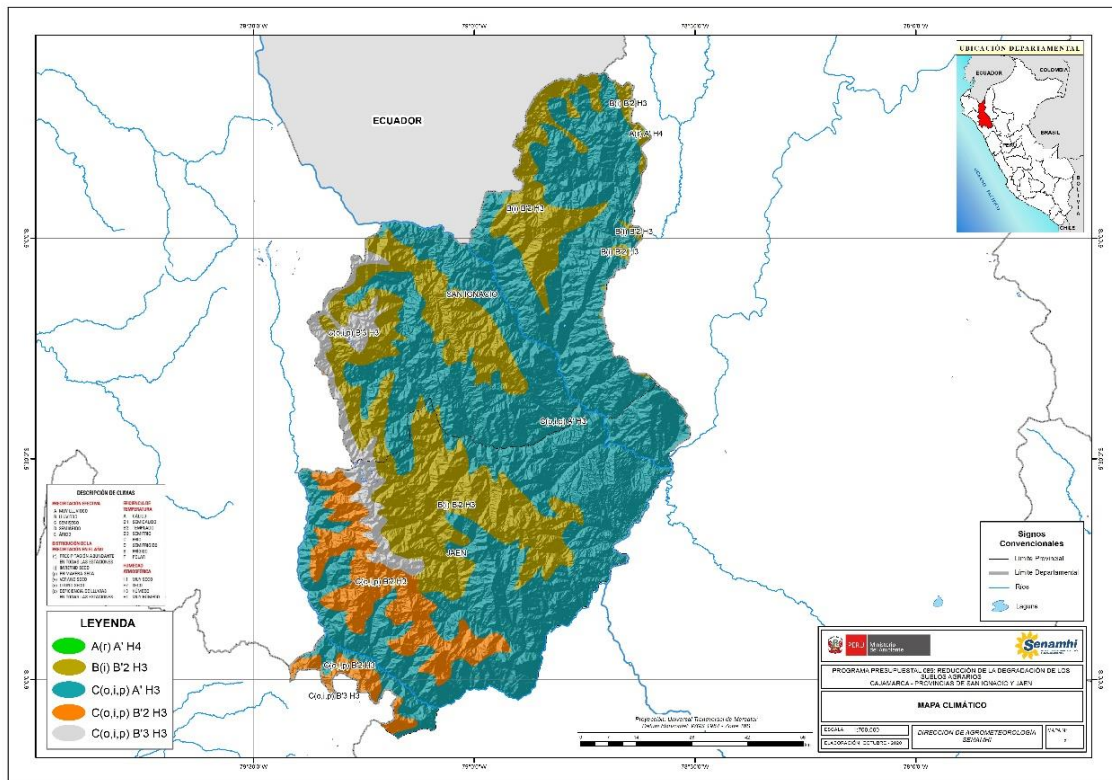
El medio físico es uno de los componentes cuyas características definen la capacidad de un cultivo a desarrollarse dependiendo que estas sean las óptimas, situación en la cual el cultivo se acercaría más a su máximo potencial de desarrollo y/o rendimiento. De este modo se describirá las características del medio físico de las zonas de estudio, considerándose de relevancia el clima, suelo y pendiente.

a. Clima

Según data recolectada por la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI, la Dirección de Agrometeorología (DAM) del SENAMHI elaboró el mapa de clima de Jaén y San Ignacio.

Tanto para la provincia de Jaén como la de San Ignacio, el clima más común es de precipitación efectiva del tipo semiseco con valores de índice de precipitación anual de 32 a 63 mm, con una distribución de la precipitación a través del año de características de otoño seco, invierno seco y primavera seca, con una eficiencia de la temperatura de clima cálido y zona tropical con valores de índice anual ≥ 128 y con una humedad relativa media de característica húmedo con valores medios anuales de 65 % a 84 %.

Figura 2: Mapa de climas de la provincia de Jaén y San Ignacio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Descripción de tipos de clima presentes en la provincia de Jaén y San Ignacio

DESCRIPCIÓN DE CLIMAS				
CÓDIGO	PRECIPITACIÓN EFECTIVA	DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL AÑO	EFICIENCIA DE LA TEMPERATURA	HUMEDAD ATMOSFÉRICA
B(i) B'2 H3	B: Lluvioso	(i): Invierno seco	B'2: Templado	H3: Húmedo
C(o,i,p) A' H3	C: Semiseco	(o,i,p): Otoño seco, invierno seco y primavera seca	A': Cálido	H3: Húmedo
C(o,i,p) B'2 H3	C: Semiseco	(o,i,p): Otoño seco, invierno seco y primavera seca	B'2: Templado	H3: Húmedo
C(o,i,p) B'3 H3	C: Semiseco	(o,i,p): Otoño seco, invierno seco y primavera seca	B'3: Semifrio	H3: Húmedo

Fuente: SENAMHI, s.f.

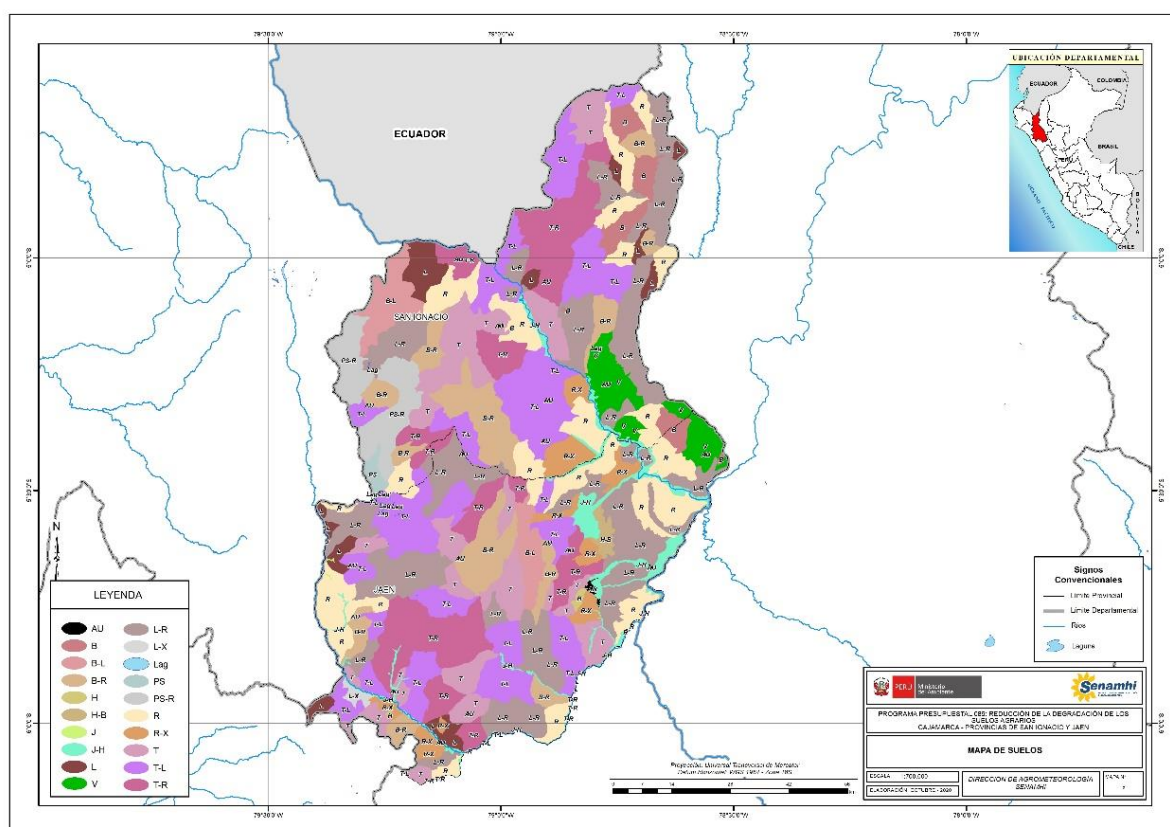
b. Suelos

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) realizada por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRN-GMA) del Gobierno Regional de Cajamarca, se elaboró el mapa de suelos de Jaén y San Ignacio.

La superficie de Jaén presenta en su mayor parte los tipos de suelos L-R (22.7 %), T-L (17.9 %), T-R (12.7 %), R (11.7 %), T (10.9 %) y B-R (6.9 %), los cuales a modo general son suelos superficiales a muy superficiales, de texturas media a moderadamente gruesa, con drenaje algo excesivo a excesivo, de reacción moderadamente ácida a fuertemente ácida, de erosión moderada a severa, con fertilidad media a baja y niveles de materia orgánica entre bajo a medio. Los demás tipos de suelos son J-H, R-X, B-L, L, V, H-B, B, L-X, H, J y PS, los cuales representan entre 0 y 4.9 % del territorio.

La superficie de San Ignacio presenta en su mayor parte los tipos de suelos T-L (17.9 %), L-R (15.1 %), R (11.4 %), T-R (11.3 %), B-R (9.6 %) y T (9.2 %); los cuales generalmente son suelos superficiales a muy superficiales, de textura media a moderadamente gruesa, con drenaje algo excesivo a excesivo, de reacción ligeramente alcalina a fuertemente ácida y de fertilidad y niveles de materia orgánica baja a media. Los otros tipos de suelos son PS-R, V, B, B-L, L, R-X, J-H y PS, los cuales representan entre el 0 y 7 % del territorio.

Figura 3: Mapa de suelos de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: ZEE Cajamarca, 2012

Tabla 2: Descripción de tipos de suelos de Jaén y San Ignacio según la ZEE

Tipo	Características
B	Cambisoles: suelos bien desarrollados, pero con limitaciones climáticas, sobre todo por la ocurrencia de heladas en diferentes épocas del año. Son moderadamente profundos a profundos con perfil de tipo A(B)C, de texturas medias a pesada , drenaje bueno, reacción fuertemente a ligeramente ácido . La fertilidad natural de estos suelos es media; con niveles medios de materia orgánica; presenta una permeabilidad moderadamente lenta.
B-L	Cambisol – Leptosol: Son suelos muy superficiales a moderadamente profundos ; de perfil A(B)C, AC, AR, con escasa a moderada capacidad de retención de humedad, de texturas ligera a medias , drenaje bueno a excesivo, de reacción fuertemente a ligeramente ácida , pendientes moderadamente empinada a empinada, se localizan en laderas de colina, montañas y piedemonte; son ligeramente pedregosos y presentan una erosión moderada a severa. La fertilidad natural de estos suelos es baja a media; con niveles medio a bajo de materia orgánica.
B-R	Cambisol – Regosol: Son muy superficiales a moderadamente profundos , con perfil A(B)C, AC; la capacidad de retención de humedad está en función a la profundidad y textura de los horizontes, de texturas ligera a media , drenaje bueno a excesivo, de reacción ligeramente a moderadamente ácida , pendiente empinada a fuertemente empinada, ligeramente pedregosos y erosión moderada a severa. La fertilidad natural de estos suelos es baja a media; con niveles bajos a medios de materia orgánica.

H	Phaeozem: con un perfil de tipo ABC o A(B)C; moderadamente profundos a muy profundos , se localizan en laderas suaves y planicies, de texturas medias en superficie y pesadas en profundidad , con buena capacidad de retención de humedad, drenaje bueno, reacción moderadamente ácido a moderadamente alcalina , con una permeabilidad moderada a moderadamente lenta; son ligeramente pedregosos y erosión moderada. La fertilidad natural de estos suelos es media; con niveles altos en materia orgánica.
H-B	Phaeozem – Cambisol: Son suelos que provienen de la descomposición de areniscas cuarzosas, presentan un perfil A(B)C, son suelos superficiales , con textura media , permeabilidad moderada, drenaje algo excesivo, reacción moderadamente ácido , pendiente ligeramente inclinada a empinada. La fertilidad natural es media, con contenido medio de materia orgánica.
J	Fluvisoles: Presenta un perfil AC. Los fragmentos existentes son del tipo de cantos rodados de diferentes tamaños, desde grava fina, hasta guijarros y piedras. Son suelos moderadamente profundos a profundos , de texturas medias a pesada , con buena capacidad de retención de humedad, drenaje bueno a imperfecto, reacción ligeramente a moderadamente alcalina , pendientes planas a ligeramente inclinadas. La fertilidad natural de estos suelos es media a alta; con niveles medios en materia orgánica, presenta una permeabilidad moderada a moderadamente lenta.
J-H	Fluvisol – Phaeozem: forman terrazas aluviales y planicies; son profundos a muy profundos , presenta un perfil A(B)C o AC, con una permeabilidad moderada a moderadamente lenta, de textura media a pesada , drenaje bueno a imperfecto, de reacción neutra a moderadamente alcalino , con pendientes ligeramente inclinada a fuertemente inclinada. La fertilidad natural es de media a alta, con contenido medio de materia orgánica.
L	Leptosoles: Estos suelos son muy superficiales a superficiales , localizándose mayormente en laderas de colina y de montañas, presenta una textura ligera a media , drenaje mayormente excesivo, con escasa capacidad de retención de humedad, con una permeabilidad moderada a moderadamente rápida, de reacción desde fuertemente ácido a ligeramente alcalina , pendientes inclinadas a fuertemente empinadas, pedregosos y erosión severa. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos de materia orgánica.
V	Vertisol: Se trata de suelos bien desarrollados, pero con ciertas limitaciones hídricas. Todos estos suelos son de origen limno fluvio glacial, de perfil A(B)C. Estos suelos son profundos a muy profundos , se localizan en planicies y laderas suaves, de texturas pesadas , drenaje bueno a imperfecto, con inclusiones de drenaje imperfecto en las zonas cercanas a los ríos, alta capacidad de retención de humedad, con una permeabilidad muy lenta, de reacción neutra a moderadamente alcalina , pendiente plana a ligeramente inclinada, sin piedras y erosión nula. La fertilidad natural de estos suelos es media a alta; con niveles medios en materia orgánica.
L-R	Leptosol – Regosol: Son de desarrollo incipiente o sin desarrollo genético, de perfil A/C o C/R. Estos suelos son poco desarrollados, muy superficiales a superficiales , presenta un perfil AC, AR; de texturas moderadamente gruesa , drenaje excesivo, con poca capacidad de retención de humedad, de reacción fuertemente a moderadamente ácida , existiendo suelos con reacción moderadamente alcalino, pendientes de fuertemente inclinada a muy fuertemente empinada, con abundantes afloramientos rocosos y erosión moderada a severa. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos de materia orgánica.
L-X	Leptosol – Xerosol: Estos suelos son poco desarrollados. Estos suelos son superficiales a muy superficiales , con un perfil A(B)C, AR, de texturas moderadamente gruesa , drenaje bueno a excesivo, con poca capacidad de retención de humedad, de reacción ligeramente a moderadamente alcalino , pendiente empinada a fuertemente empinada, con abundantes afloramientos rocosos y erosión severa con abundantes cárcavas secas y profundas, las cuales en época de lluvias drenan sus aguas y sedimentos a ríos aledaños. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos en materia orgánica.
PS	Paramosol: Son desarrollados a partir de rocas areniscas, calizas y cuarcitas. El perfil dominante es A(B)C, sin embargo, pueden existir perfiles de tipo A/C, A/R, C/R y afloramientos

	de la roca a la superficie. Estos suelos son moderadamente profundos a profundos, pudiendo existir suelos superficiales , se localizan en laderas de colina y montañas, son de textura media , drenaje bueno, suelos con alta capacidad de retención de humedad, de reacción fuertemente a ligeramente ácida ; presentan una permeabilidad moderada, pendientes empinadas a muy empinadas, pedregosos a muy pedregosos y erosión moderada a severa. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles altos en materia orgánica,
PS-R	Paramosol – Regosol: Son suelos que provienen de la descomposición de margas y calizas gris parduzcas, así como de esquistos micáceos; presentan un perfil A(B)C, se localizan en altas montañas; son suelos superficiales a muy superficiales , con textura media , permeabilidad moderada, drenaje excesivo a algo excesivo, reacción fuertemente ácido , pendiente fuertemente inclinada a muy fuertemente empinada. La fertilidad natural es baja a media, con contenido medio a alto de materia orgánica.
R	Regosol: Se localizan mayormente en laderas de colina y de montaña. Son suelos superficiales , pedregosos de texturas ligeras , drenaje excesivo, reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalinos , pendientes inclinadas, pudiendo llegar hasta pendientes empinadas; presenta una permeabilidad moderadamente rápida, erosión moderada a severa con presencia de surcos y cárcavas. Presentan un perfil dominante A/C, éste último constituido por abundantes fragmentos gruesos con escaso suelo. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos de materia orgánica.
R-X	Regosol – Xerosol: Son superficiales a muy superficiales , presentan un perfil A(B)C o AC o AR; con pendiente moderadamente empinada a fuertemente empinada; se los localizan en laderas de colina y piedemonte, tienen una permeabilidad moderada a moderadamente rápida, son de texturas medias a moderadamente gruesa , drenaje excesivo a algo excesivo, con poca capacidad de retención de humedad, de reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalino , ligeramente pedregosos y erosión severa. La fertilidad natural de estos suelos es de baja a medio; con niveles bajos a medios en materia orgánica.
T	Andosoles: Por lo general, son suelos que tienen buena capacidad para almacenar la humedad y contienen abundantes nutrientes, pero su potencial agrícola baja por ubicarse en pendientes empinadas; el perfil dominante es A/C, pero en partes también se observa un A/B. Estos suelos son superficiales a moderadamente profundos , de texturas medias , drenaje bueno, con alta capacidad de retención de humedad, de reacción fuertemente a ligeramente ácida , pendientes mayormente empinadas, ligeramente pedregosos y erosión moderada. La fertilidad natural de estos suelos es media; con niveles medios a altos en materia orgánica.
T-R	Andosol – Regosol: Estos suelos se originan a partir de la descomposición de materiales volcánicos mayormente andesíticos; asimismo desarrollados a partir de materiales no consolidados de origen aluvio coluvial, suelos jóvenes. Son suelos de perfil AB, AC, superficiales a muy superficiales , textura media , drenaje bueno a excesivo, reacción fuertemente a ligeramente ácido ; tiene una permeabilidad moderada, con pendientes empinada a fuertemente empinada, ph moderadamente ácido . La fertilidad natural es media, con contenido medio de materia orgánica.
T-L	Andosol – Leptosol: Estos suelos se originan a partir de la descomposición de areniscas, cuarcitas, calizas y volánicas; son suelos de perfil A(B)C, AC, AR; muy superficiales a superficiales , textura ligera a media , drenaje bueno a excesivo, reacción fuertemente a ligeramente ácido ; se localizan en laderas de colina, montañas y piedemonte; tiene una permeabilidad moderada a moderadamente rápida, con pendientes moderadamente empinada a fuertemente empinada. La fertilidad natural es media, con contenido de materia orgánica que va de media a alta.

Fuente: Poma y Alcántara, 2012. Elaboración propia

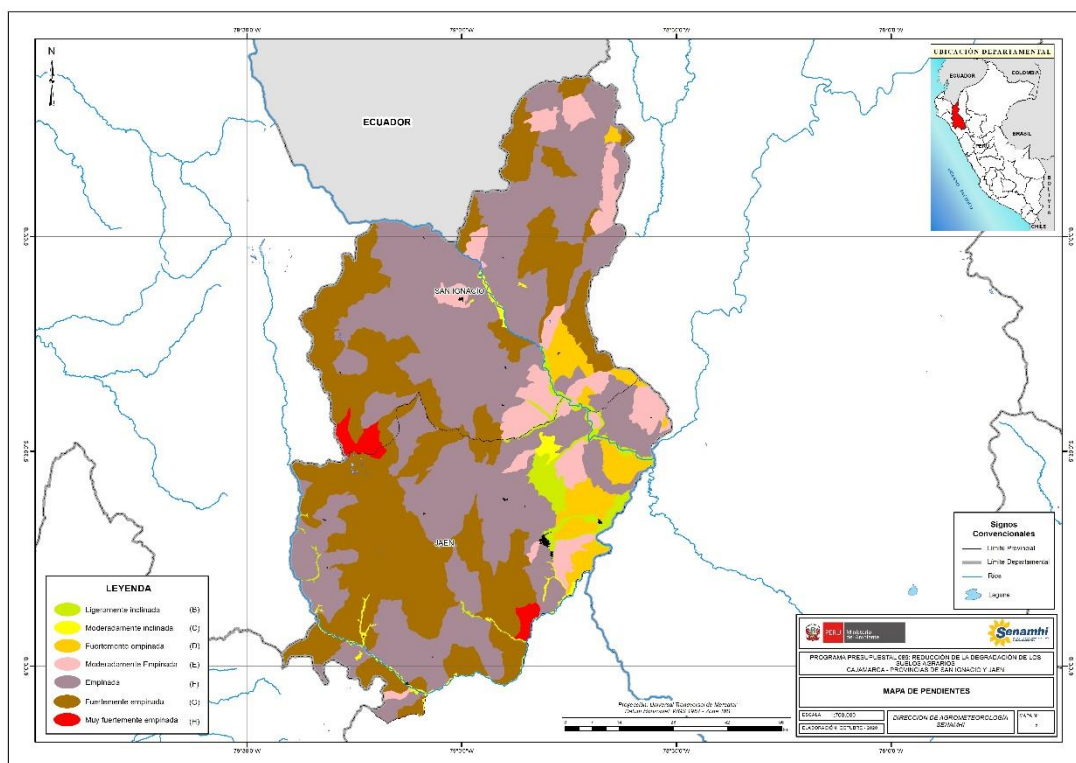
c. Pendiente del terreno

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) realizada por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRN-GMA) del Gobierno Regional de Cajamarca, se elaboró el mapa de pendientes de Jaén y San Ignacio.

Para la superficie de la provincia de Jaén el tipo de pendiente más común es la superficie empinada tipo "F", la cual se encuentra distribuida en toda la provincia y representa aproximadamente el 43.2 % de la superficie de la provincia. El siguiente tipo de pendiente más común es la superficie fuertemente empinada tipo "G", la cual se encuentra en la parte central y oeste de la provincia y representa aproximadamente el 38.2 % de la superficie de la provincia. El resto de tipos de pendiente entre la D, E, B, C y H se encuentran mayormente en la zona este de la provincia y representan cada una entre el 0.9 y 5.5 % de la superficie de la provincia, siendo una parte menos representativa.

Para la provincia de San Ignacio el tipo de pendiente más común es la superficie empinada tipo F, distribuida en toda la provincia y representa aproximadamente el 54.7 % de la superficie de la provincia. La siguiente superficie más común es la superficie fuertemente empinada del tipo G, distribuida igualmente por toda la provincia y representa aproximadamente el 30.0 % de la superficie de la provincia. Los otros tipos de pendientes presentes son las E, D, H, B y C, las cuales se encuentran más hacia la zona este y cada una representa entre en 0.4 y 9.7 % de la superficie de la provincia.

Figura 4: Mapa de pendientes de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: ZEE Cajamarca, 2012

1.2 MEDIO BIOLÓGICO

El medio biológico nos da información acerca de la ecología representativa de la zona con el fin de caracterizar la biodiversidad. Para esto se considera algunas variables determinadas que agrupan esta biodiversidad, como los pisos altitudinales y la cobertura vegetal.

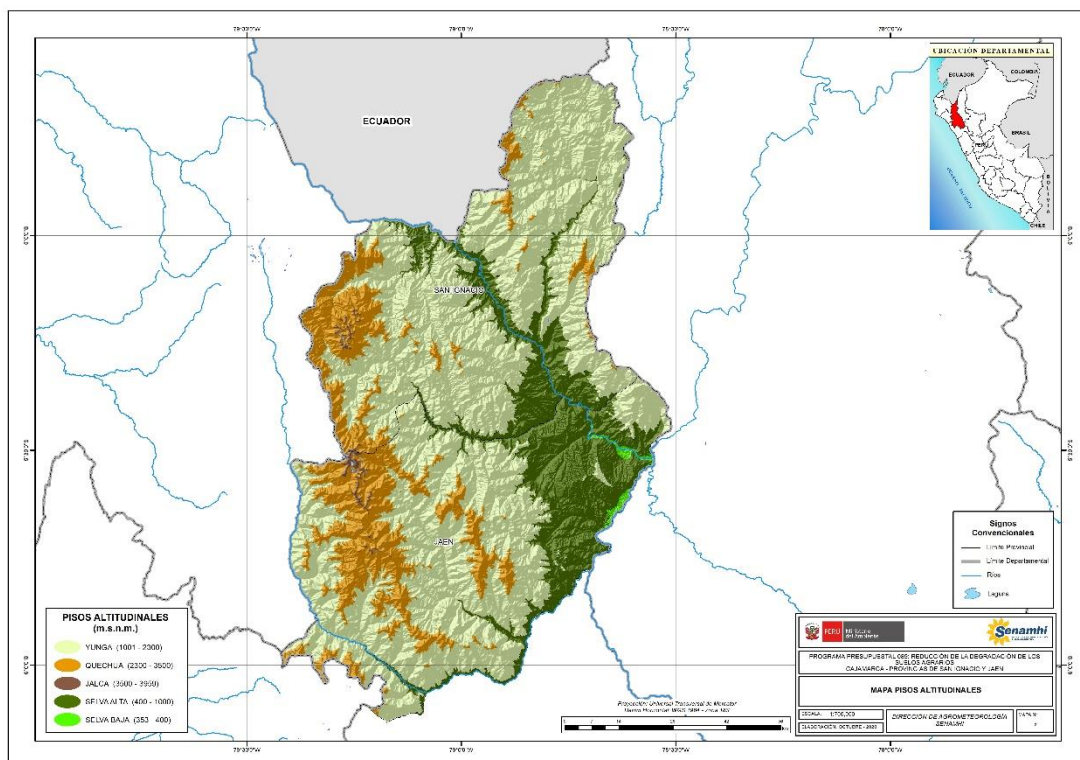
a. Pisos altitudinales

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) realizada por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRN-GMA) del Gobierno Regional de Cajamarca, se elaboró el mapa de pisos altitudinales de Jaén y San Ignacio.

La mayor parte del territorio de las provincias de Jaén y San Ignacio presentan el piso altitudinal del tipo Yunga, el cual se encuentra entre los 1001 y 2300 msnm distribuido en la mayor parte de la superficie.

El tipo de piso altitudinal Quechua se encuentra hacia a zona oeste en ambas provincias, con una altitud entre 2300 y 3500 msnm. El piso altitudinal Jalca se encuentra en zonas muy reducidas hacia las partes altas de la región Quechua al oeste de ambos distritos, con altitudes de entre 3500 y 3959 msnm. La región Selva Alta se encuentra en la zona sur-este de San Ignacio y en mayor proporción en toda la zona este de Jaén, con altitudes entre los 400 y 1000 msnm. La región Selva Baja se encuentra sólo en la provincia de Jaén hacia el límite este de la provincia, con altitudes entre los 353 y 400 msnm.

Figura 5: Mapa de pisos altitudinales de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: ZEE Cajamarca, 2012

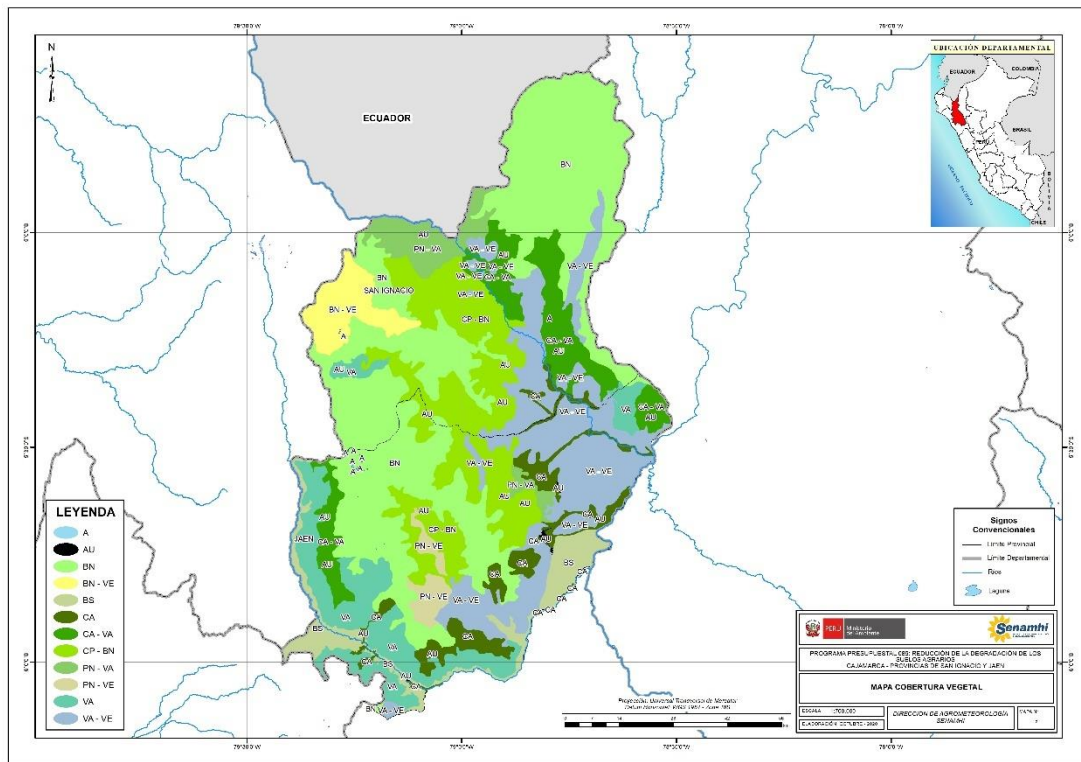
b. Cobertura vegetal

Según la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) realizada por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (GRRN-GMA) del Gobierno Regional de Cajamarca, se elaboró el mapa de cobertura vegetal de Jaén y San Ignacio.

El tipo de cobertura vegetal más común en la provincia de Jaén es las “Tierras con bosques naturales” (BN), concentradas más en la zona centro-oeste, las cuales representan el 23.0 % de la superficie total. También se observan “Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos” (VA-VE) en la zona este, “Tierras con vegetación arbustiva” (VA) en la zona sur-oeste y “Tierras con cultivos permanentes y bosques naturales” (CP-BN) en la zona centro, en un 20.5 %, 16.7 % y 13.0 % de la superficie total respectivamente. Otros tipos de cobertura en menor proporción son las “Tierras con bosque seco” (BS), “Tierras con cultivos agrícolas” (CA), “Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva” (CA-VA), “Tierras con pastos naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos” (PN-VE) y “Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva” (PN-VA) que representan entre el 0.0 y 9.4 %.

El tipo de cobertura vegetal más común en la provincia de San Ignacio es las “Tierras con bosques naturales” (BN), concentradas más en la zona norte y oeste, las cuales representan el 47.3 % de la superficie total. También se observan “Tierras con cultivos permanentes y bosques naturales” (CP-BN) en la zona central, “Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos” (VA-VE) y “Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva” (CA-VA) en la zona nor-este en un 16.6, 10.9 % y 10.0 % de la superficie total respectivamente. Otros tipos de cobertura en menor proporción son las “Tierras con bosques naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos” (BN-VE), “Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva” (PN-VA), “Tierras con vegetación arbustiva” (VA) y “Tierras con cultivos agrícolas” (CA), que representan entre el 0.0 y 6.8 %.

Figura 6: Mapa de cobertura vegetal de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: ZEE Cajamarca, 2012

1.3 ACTIVIDAD AGROPECUARIA

Las características de la actividad agropecuaria nos dan un acercamiento a la realidad de la zona de estudio en cuanto a la administración de los recursos para el desarrollo del cultivo, ya que todos los factores del entorno están relacionados entre sí. Para este apartado se utilizó la información del Censo Nacional Agropecuario IV (2012), la cual permitirá identificar cómo están conformadas y donde están situadas las áreas productivas del cultivo de café en el territorio.

a. Estructura del espacio agropecuario

El espacio agropecuario es el que agrupa las zonas donde se desarrolla la actividad agrícola como tal y la de crianza y aprovechamiento de animales.

Según el CENAGRO IV para año 2012 la provincia de Jaén presentó una superficie agropecuaria de 161 964.45 ha distribuidas en un total de 23 329 unidades agropecuarias (UA), de las cuales la mayor parte tuvieron un tamaño menor a 0.5 ha hasta 4.9 ha. En el caso de San Ignacio presentó una superficie agropecuaria de 225 781.1 ha distribuidas en un total de 38 142 UA, de las cuales la mayoría son de tamaño menor a 0.5 ha hasta 4.9 ha (**Tabla 3**).

A modo general se puede decir que la superficie agropecuaria de la provincia de Jaén representa el 11.5 % de la superficie agropecuaria del departamento, mientras que la de San Ignacio representa el 16 %. Del mismo modo, la cantidad de unidades agropecuarias de la provincia de

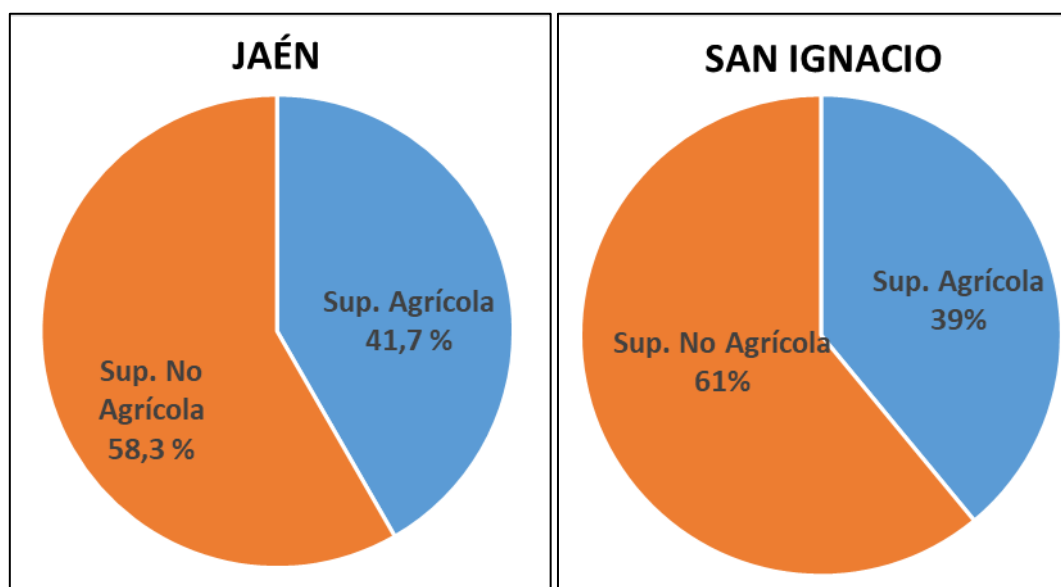
Jaén representan el 6.9 % de las del departamento y las de la provincia de San Ignacio representan el 11.2 % del departamento de Cajamarca (**Tabla 3**).

Tabla 3: Unidades agropecuarias, superficie agrícola y superficie agropecuaria del departamento de Cajamarca y las provincias de Jaén y San Ignacio

	Jaén	San Ignacio	Cajamarca
Cantidad de Unidades Agropecuarias (UA)	23 329.0	38 142.0	339 979.0
1. Superficie agropecuaria (ha)	161 964.4	225 781.1	1 409 291.7
1.1 Superficie no agrícola (ha)	94 416.1	137 701.1	886 626.5
1.2 Superficie agrícola (ha)	67 548.3	88 080.0	522 665.2
1.2.1 Superficie agrícola con café (ha)	20 039.2	43 996.4	73 098.1

Fuente: INEI, 2012

Figura 7: Distribución porcentual de la superficie agrícola y no agrícola de las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: INEI, 2012

La superficie agropecuaria se compone por la superficie agrícola y la no agrícola. En la primera se desarrolla toda la actividad de los cultivos agrícolas de la zona y en la segunda se desarrollan otro tipo de sistemas como los pastos naturales, montes y bosques, y otros usos.

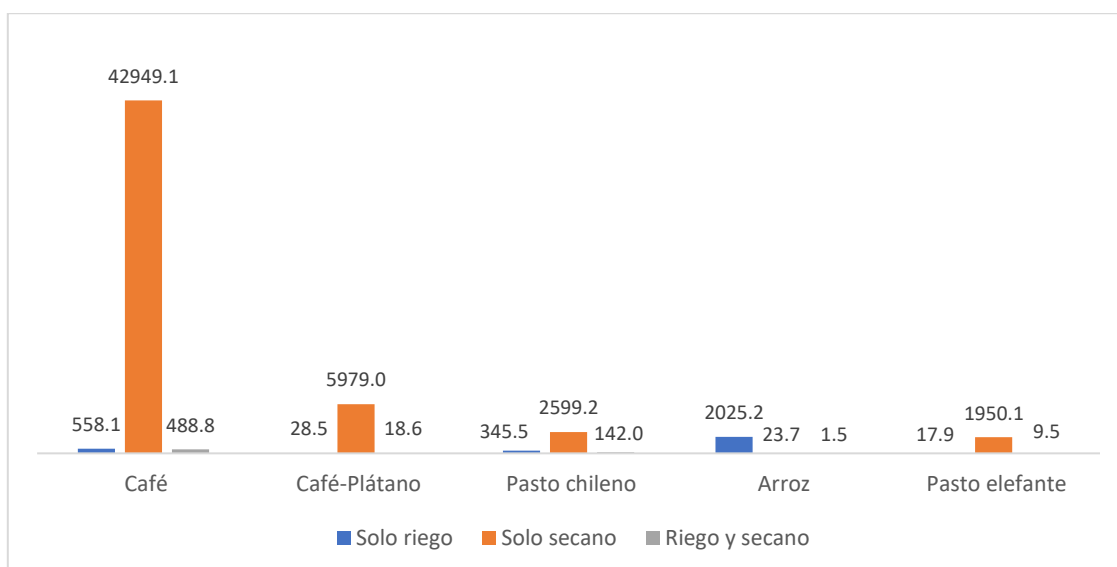
Superficie agrícola

La superficie agrícola de la provincia de Jaén representa el 41.7 % de la superficie agropecuaria, de la cual el 29.7 % son cultivadas con café. Para la provincia de San Ignacio la superficie agrícola

representa el 39 % de la superficie agropecuaria, de la cual el 50.0 % son cultivadas con café (CENAGRO IV, 2012).

La agricultura en la provincia de San Ignacio se desarrolla en base principalmente al cultivo de café; esto lo demuestra las estadísticas del CENAGRO (2012), las cuales registran una superficie sembrada de 43 996 ha, siendo la mayor parte bajo secano (97,6 %) y una pequeña parte bajo riego y mixto (1,3 % y 1,1 % respectivamente). El resto de los cultivos que se desarrollan en menor proporción son pasto chileno, arroz, asociaciones de plátano-café, pasto elefante, entre otros de panllevar y autoconsumo.

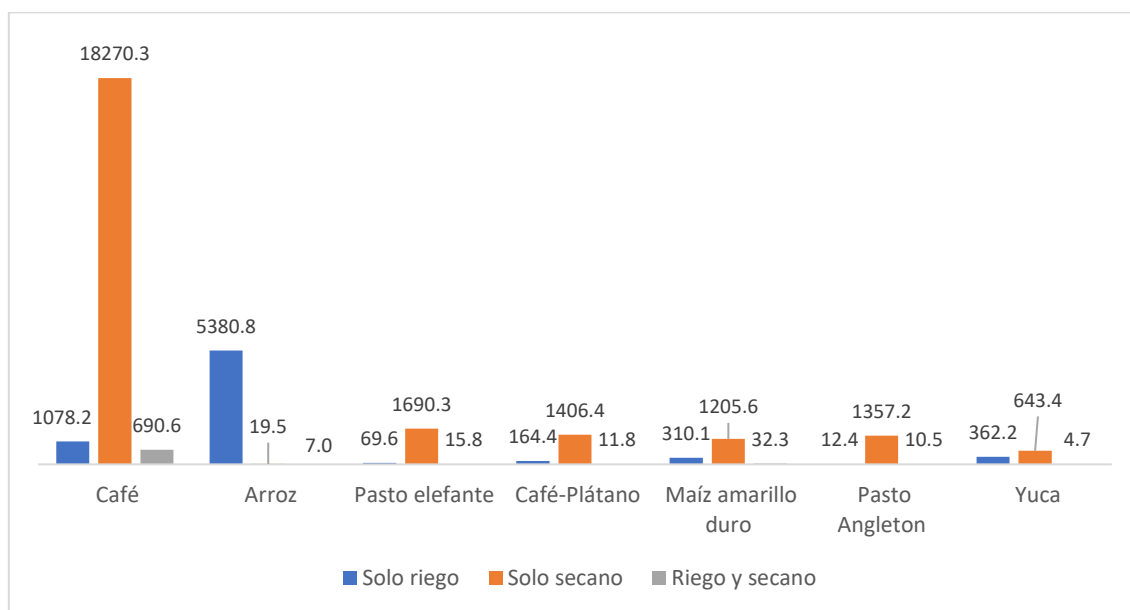
Figura 8: Superficie sembrada de los principales cultivos para la provincia de San Ignacio, Cajamarca bajo riego, secano y ambos



FUENTE: INEI, 2012

De similar modo, la agricultura en la provincia de Jaén se desarrolla en base al cultivo de café principalmente, siendo la superficie sembrada total para el año 2012 de 20 039,2 has, de las cuales el 91,2 % fue bajo secano y sólo un 5,4 % bajo riego y un 3,4 % mixto. Otros cultivos desarrollados en menor escala son el arroz, el pasto elefante, la asociación de café-plátano, el maíz amarillo duro, el pasto Angleton, la yuca, entre otros cultivos menores de panllevar y autoconsumo.

Figura 9: Superficie sembrada de los principales cultivos para la provincia de Jaén, Cajamarca bajo riego, seco y ambos

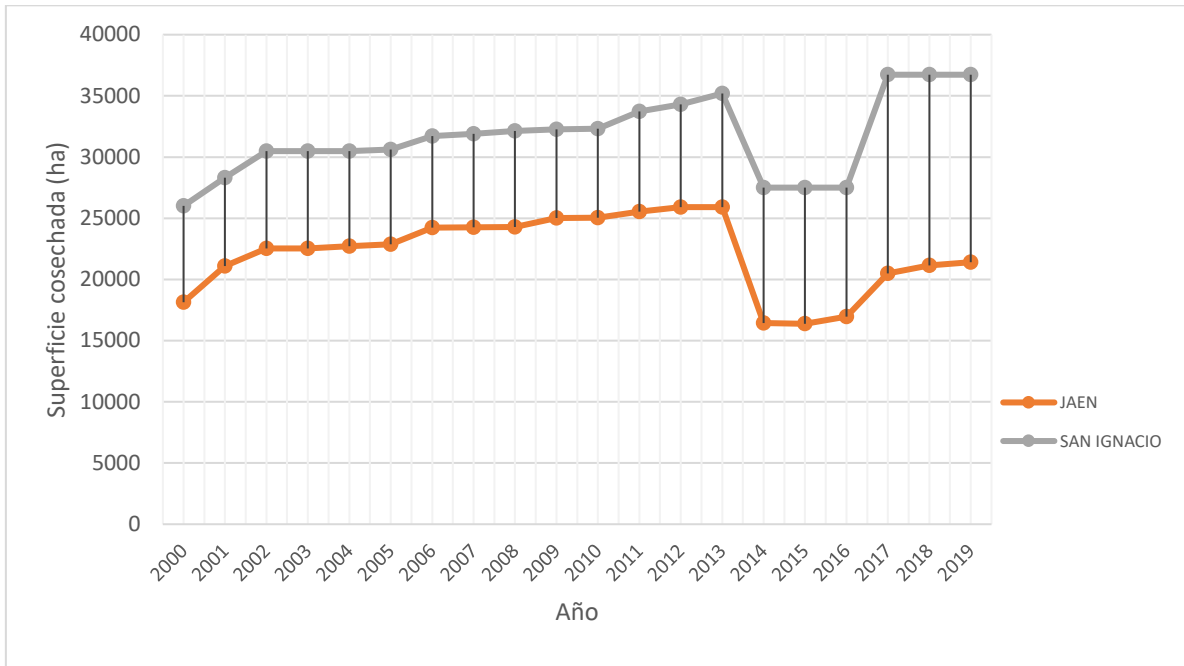


FUENTE: INEI, 2012

La superficie cosechada del cultivo de café para la provincia de San Ignacio se mantuvo con un ligero aumento desde el año 2000 hasta el 2013, llegando de 26 013 ha hasta 35 191 ha respectivamente. Posteriormente hubo un descenso en la superficie cosechada debido a la crisis de la roya, recuperándose hasta el año 2019 con creces. Igualmente, para la provincia de Jaén, hubo un incremento ligero en la superficie cosechada desde el año 2000 hasta el 2013, llegando de 18 127.5 ha hasta 25 909.5 ha, luego de lo cual se presentó una disminución pronunciada, recuperándose ligeramente hasta el año 2019 (**Figura 10**).

En general la provincia de San Ignacio presenta valores de superficie cosechada mayores a los de Jaén de manera sostenida durante el periodo 2000 al 2018 (**Figura 10**).

Figura 10: Superficie cosechada (ha) para las provincias de Jaén y San Ignacio durante el periodo 2000 a 2019

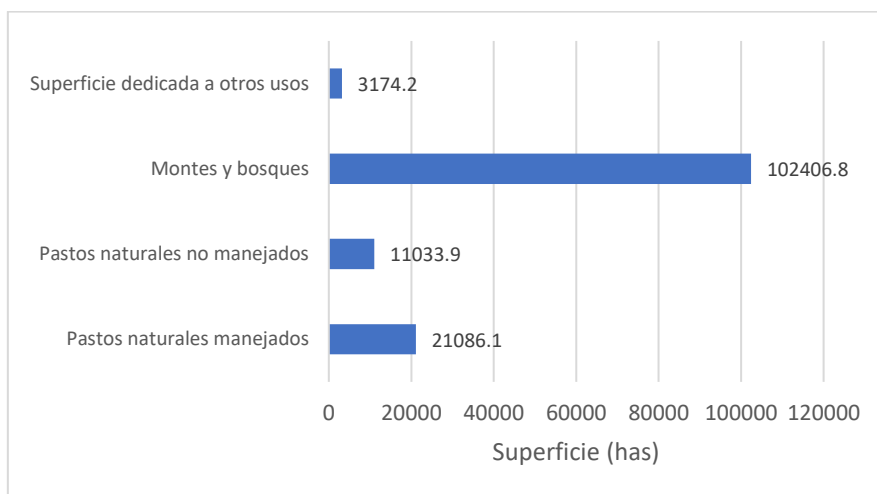


Fuente: MINAGRI, 2020

Superficie no agrícola

En la superficie no agrícola de la provincia de San Ignacio representada por el 61 % del total (**Figura 7**), podemos encontrar montes y bosques (102 406,8 has), pastos naturales no manejados (11 033,9 has), pastos naturales manejados (21 086,1 has) y superficie dedicada a otros usos (3174,2 has) (**Figura 11**). De estos el mayor componente es el de montes y bosques, los cuales ocupan el 74,4 % de toda la superficie no agrícola, siendo un componente de gran importancia a nivel de sostenibilidad del medio.

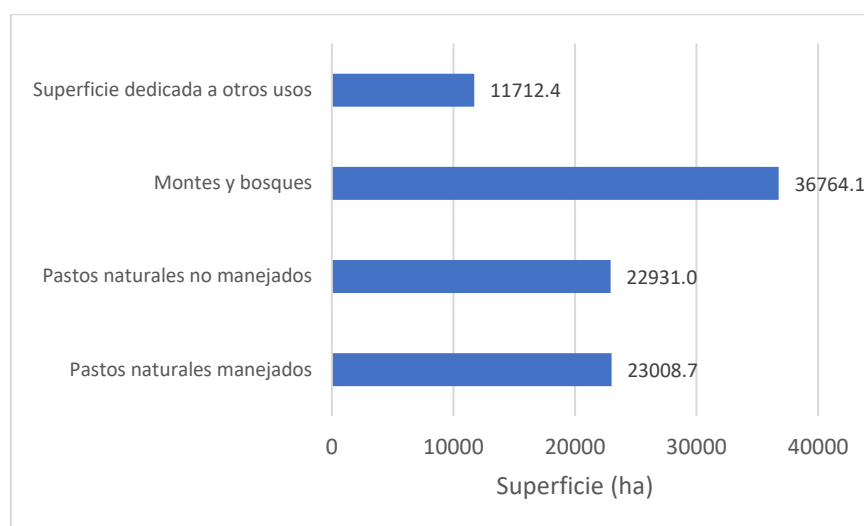
Figura 11: Composición de la superficie no agrícola de la provincia de San Ignacio, Cajamarca en superficie (ha)



Fuente: INEI, 2012

Del mismo modo, la superficie no agrícola del distrito de Jaén, la cual representa el 58,3 % de toda la superficie de la provincia (**Figura 7**), está compuesta por superficie dedicada a otros usos (11 712,4 has), montes y bosques (36 764,1 has), pastos naturales no manejados (22 931 has) y pastos naturales manejados (23 008,7 has) (**Figura 12**). De estos el componente más abundante son los montes y bosques, seguido de los pastos naturales, los cuales abarcan el 38,9 % y el 48,7 % respectivamente, siendo ambos componentes de gran importancia dentro del sistema.

Figura 12: Composición de la superficie no agrícola de la provincia de Jaén, Cajamarca en superficie (ha)



Fuente: INEI, 2012

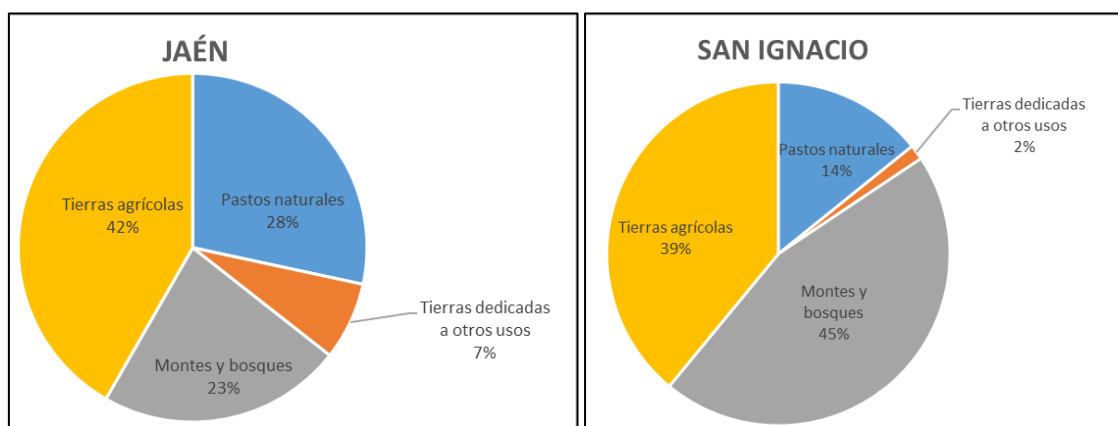
b. Usos de la tierra

El uso de la tierra es la forma como el productor/a aprovecha los terrenos de las parcelas que conforman la unidad agropecuaria que conduce o trabaja, la que puede aprovechar de las siguientes formas: uso agrícola y no agrícola. El uso agrícola comprende las tierras sembradas, en barbecho, en descanso y tierras agrícolas no trabajadas. Se define como uso no agrícola a las tierras con pastos naturales, tierras con montes, bosques y otra clase de usos (vivienda, almacenes, corrales, caminos, entre otros), de todas las parcelas que conduce o trabaja el productor/a agropecuario/a (ENA, 2016).

Componentes de uso de la tierra

La superficie de Jaén se compone según su uso de un 42 % de tierras agrícolas, un 28 % de pastos naturales, un 23 % de montes/bosques y solo un 7 % de tierras dedicadas a otros usos. Por otro lado, la superficie de San Ignacio está compuesta por un 45 % de montes/bosques, un 39 % de tierras agrícolas, un 14 % de pastos naturales y solo un 2 % de tierras dedicadas a otros usos.

Figura 13: Componentes por uso de tierras de la provincia de Jaén y San Ignacio, Cajamarca

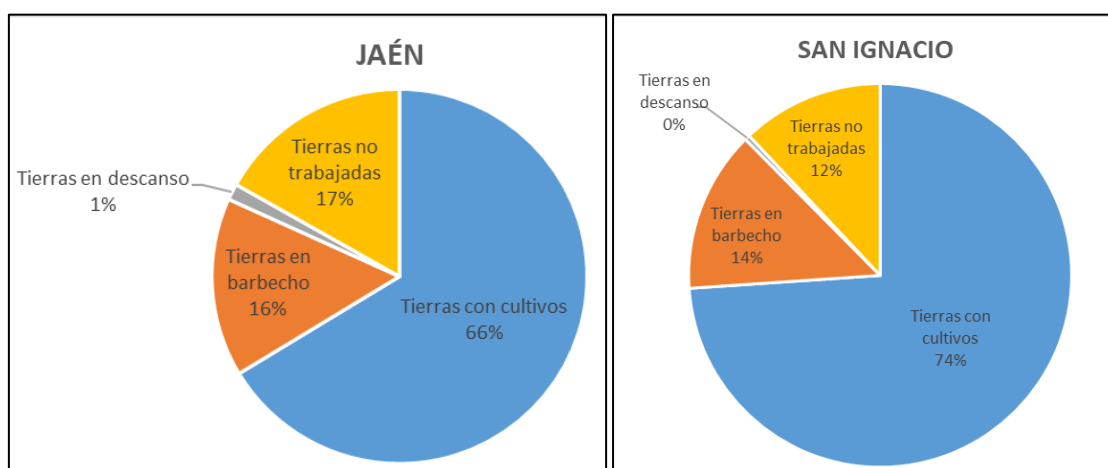


Fuente: INEI, 2012

Tierras Agrícolas

Según la data del IV CENAGRO en el año 2012, las tierras agrícolas de la provincia de Jaén se distribuyen en un 66 % de tierras con cultivos, un 17 % de tierras no trabajadas, un 16 % de tierras en barbecho y un 1 % de tierras en descanso. Igualmente, las tierras de la provincia de San Ignacio se distribuyen en un 74 % de tierras con cultivos, un 14 % de tierras con barbecho, un 12 % de tierras no trabajadas y menos de 1 % de tierras en descanso.

Figura 14: Distribución de las tierras agrícolas de las provincias de Jaén y San Ignacio según el IV CENAGRO



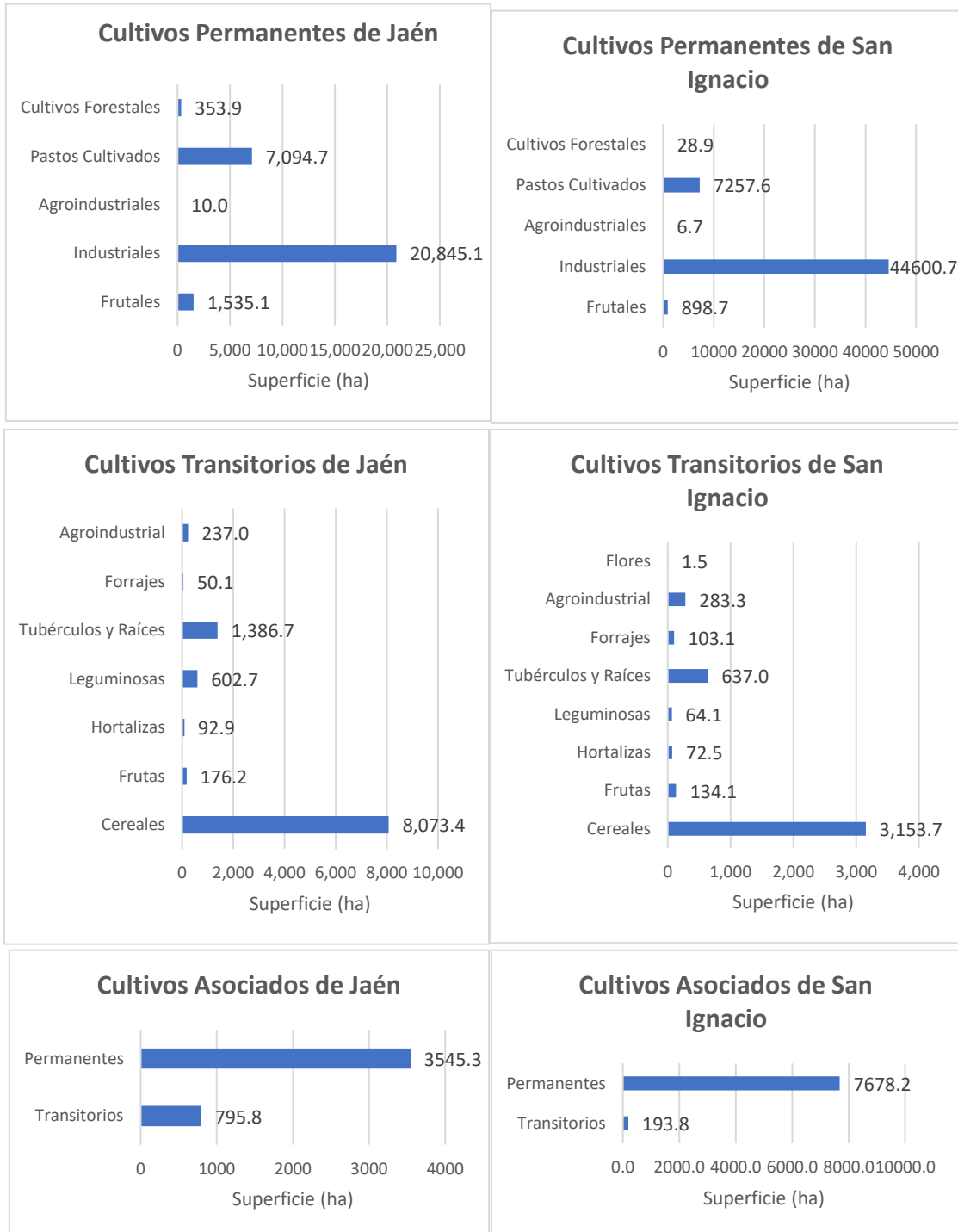
FUENTE: INEI, 2012

Tierras con Cultivos

Las tierras con cultivos están compuestas de cultivos permanentes, transitorios y asociados. Se puede definir la importancia del cultivo de café según la magnitud de su desarrollo comparado a los demás cultivos en las zonas de estudio. Para esto observamos que según el IV CENAGRO en el año 2012, se registró que el tipo de cultivo permanente más extenso en superficie fue los cultivos industriales, que es donde se encuentra el café, con 20 845.1 ha para la provincia de

Jaén y 44 600.7 ha para la provincia de San Ignacio, estando muy por encima de los cultivos transitorios, de los cuales los más cultivados son los cereales (8073.4 ha en Jaén y 3153.7 ha en San Ignacio), y de los cultivos asociados que en realidad son un complemento entre ambos.

Figura 15: Superficie de cultivos permanentes, transitorios y asociados para las provincias de Jaén y San Ignacio según el IV CENAGRO, 2012



Fuente: INEI, 2012

CAPÍTULO II

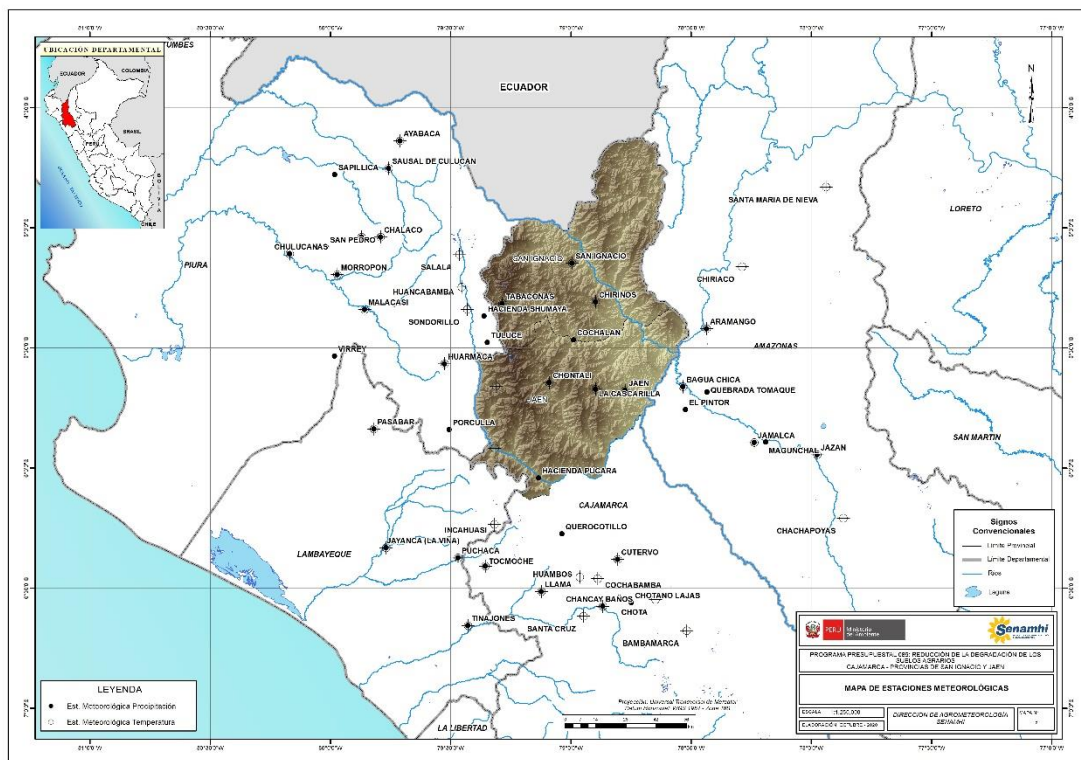
METODOLOGÍA

2.1 BASE DE DATOS

a. Climática

Se trabajó con información climática histórica de la Red Nacional de Estaciones de Observación del SENAMHI, cuya dispersión dentro y alrededores del territorio de estudio se muestra en el **Mapa 1**.

Mapa 1: Red de estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio



Fuente: Elaboración propia

Control de Calidad de datos

Se utilizaron datos diarios de temperatura del aire (máxima y mínima) y precipitación de las estaciones meteorológicas del SENAMHI situados dentro y alrededor de las provincias de Jaén y San Ignacio. La información se obtuvo del Sistema Estadístico Meteorológico (SIEM) de la institución.

El procedimiento seguido para realizar el control de calidad de datos de temperatura del aire (máxima y mínima) y precipitación, se resume a continuación:

- Cada una de ellas tiene 6 columnas las cuales están constituidas por el año, mes, días, precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. También se estableció correctamente el formato de las fechas en orden cronológico a nivel diario y los valores de las bases de datos con denominación -99,9 se transformaron a NA para facilitar su procesamiento.
- En el “Format test” cada una de las bases de datos le corresponde un código de estación, el cual está asociado a la metadata de la estación meteorológica. Estas características están asociadas a las coordenadas de latitud y longitud, a la altitud, tipo de estación, departamento, provincia y distrito donde esta se encuentra ubicada, entidad a la que pertenece, dirección zonal que se encuentra encargada, y periodo de inicio y final de toma de datos (WMO, 2018). Sin embargo, estos dos últimos datos son referenciales debido a que para fines del estudio que se está realizando se establece un periodo común para todas las estaciones. Este fue desde el año 1990 hasta el 2019 para el presente trabajo.
- La detección de outliers se realizó de manera empírica analizando las series de tiempo. Los valores sospechosos no fueron tomados en cuenta para el cálculo del promedio. Luego de retirar el pequeño grupo de datos atípicos, se procedió a aplicar funciones para realizar dos test de control de calidad.
- La primera función de control de calidad aplica el “Completeness test”, con el cual se determinó que tan completas estaban las series de tiempo de las estaciones meteorológicas. Para ello, se tomaron en cuenta las estaciones que poseían un registro mayor o igual al 75% en el caso de las temperaturas (como máximo 25% de datos faltantes en el periodo 1990-2019) y mayor o igual al 85% en el caso de las precipitaciones (como máximo 15% de datos faltantes), ambos criterios aplicados a nivel diario de los datos. En las temperaturas se admitieron mayor cantidad de valores faltantes debido a que los valores promedio no son tan afectados. Sin embargo, este margen es más estrecho en el caso de las precipitaciones debido a que es una variable acumulativa y si se ve mayormente afectado por los valores faltantes (WMO, 2018).
- La segunda función de control de calidad aplica el “Internal Consistency Test”, con el cual se comprobaron las relaciones físicas de las variables. En el caso de las temperaturas, la temperatura máxima siempre es mayor o igual a la temperatura mínima diaria. En el caso de las precipitaciones sus valores son siempre mayores o iguales a cero (WMO, 2018; Feng, Hu y Qian, 2004).
- En cuanto a la homogenización, se realizó el análisis cualitativo de las series de tiempo de las estaciones que se encontraban en la zona de estudio. Cada serie de valores de temperaturas que cumplía con tener una variabilidad de sus datos coherente en el tiempo y sin ningún desfase abrupto de sus valores fue considerada (Guijarro, 2004). Fueron analizadas las series de tiempo dentro del área de estudio.

Completación de datos

Se realizó la completación de los datos de las series de tiempo que lo necesitaban (datos completados menor al 15% en el caso de la precipitación y menor al 25% en el caso de las temperaturas máxima y mínima del aire), el método empleado fue empírico (a nivel diario).

Este método consiste en crear una matriz de correlación entre las series de tiempo de las estaciones y luego se establecieron parejas de series de tiempo basados en la máxima

correlación encontrada, luego se crearon ecuaciones de regresión lineal para poder estimar los datos diarios, en el caso de que no se completara toda la serie de tiempo deseada se procedió a crear una segunda ecuación de regresión con la segunda pareja de máxima correlación de Pearson, y así sucesivamente hasta completar el 100% de la serie deseada.

Luego del análisis realizado, se determinó que en algunos casos las estimaciones representaron bien la variabilidad diaria de las variables meteorológicas tales como la precipitación y temperaturas del aire (máxima y mínima). Sin embargo, el método posee una debilidad y es que depende mucho de que ambas series de tiempo con las que se crea la ecuación de regresión tenga un buen grado de relación lineal. Se puede categorizar la correlación positiva en categorías en intervalos de 0.2 siendo estas categorías: Muy débil, Débil, Moderado, Fuerte y Muy fuerte (Beldjazia y Alatou, 2016; citado por Pastor, 2018) por lo que conviene que en su mayoría las correlaciones sean “Fuerte” o “Muy fuerte” para que el método funcione más eficazmente.

Por otro lado, la Subdirección de Predicción Hidrológica (SPH) del SENAMHI contribuyó con la completación de las series a nivel mensual que no pudieron ser completadas con el método empírico mencionado a nivel diario.

Una vez terminado el procesamiento de la data de las estaciones meteorológicas, se definió por medio de una ecuación de regresión, las estaciones cuya data se usarían para realizar los mapas, obteniéndose las que se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4: Estaciones usadas para elaboración de mapas

ESTACIÓN	LONG (UTM_Z18)	LAT (UTM_Z18)	ALTITUD	VARIABLE
MORROPON	-51584.52936	9423648.749	128	Tmax, Tmin, PP
AYABACA	-23071.7433	9485635.319	2633	Tmax, Tmin, PP
SAUSAL DE CULUCAN	-28232.46448	9472886.86	997	Tmax, Tmin, PP
TABACONAS	24793.7594	9410842.089	1605	Tmax, Tmin, PP
SAN IGNACIO	56868.01019	9429689.959	1243	Tmax, Tmin, PP
HUARMACA	-1723.035745	9382846.646	2178	Tmax, Tmin, PP
CHONTALI	46696.73894	9374567.15	1626.5	Tmax, Tmin, PP
JAEN	81777.70568	9371176.161	618	Tmax, Tmin, PP
BAGUA CHICA	108419.0022	9373023.471	397	Tmax, Tmin, PP
CHULUCANAS	-73744.69965	9433040.573	89	Tmax, Tmin, PP
CHIRINOS	67813.65948	9411872.818	1772	Tmax, Tmin, PP
ARAMANGO	119183.6151	9399836.488	508	Tmax, Tmin, PP
PASABAR	-34102.12964	9352500.973	124	Tmax, Tmin, PP
JAZAN	170503.1702	9342005.038	1354	Tmax, Tmin, PP
JAYANCA (LA VIÑA)	-28019.67116	9297713.017	78	Tmax, Tmin, PP
TINAJONES	10105.47749	9262200.075	182	Tmax, Tmin, PP
LLAMA	43811.70005	9278064.231	2096	Tmax, Tmin, PP
LA CASCARILLA	68067.12465	9371627.034	1991	Tmax, Tmin, PP
CUTERVO	78885.97849	9293273.391	2668	Tmax, Tmin, PP
CHANCAY BAÑOS	72168.22803	9271577.846	1677	Tmax, Tmin, PP
SANTO DOMINGO	-40516.94979	9441087.507	1457	Tmax, Tmin, PP

MALACASI	-38875.93104	9407647.997	153	Tmax, Tmin, PP
PUCHACA	5216.085524	9293349.848	336	Tmax, Tmin, PP
CHALACO	-31762.05756	9441107.011	2296	Tmax, Tmin, PP
JAMALCA	141478.5443	9347506.301	1173	Tmax, Tmin, PP
TOCMOCHE	17857.238	9289638.802	1435	Tmax, Tmin, PP
SALALA	4790.866386	9433286.134	2974	Tmax, Tmin
CHIRIACO	135396.6838	9428548.373	323	Tmax, Tmin
HUANCABAMBA	5952.436103	9418294.886	1954	Tmax, Tmin
EL LIMON	21698.4446	9344023.655	1110	Tmax, Tmin
SANTA MARIA DE NIEVA	173943.6619	9465379.369	225	Tmax, Tmin
CHOTA	96361.4659	9274846.986	2468	Tmax, Tmin
INCAHUASI	21885.27132	9308981.453	3052	Tmax, Tmin
HUAMBOS	61433.38147	9284937.314	2263	Tmax, Tmin
SANTA CRUZ	63297.49205	9266902.127	2002	Tmax, Tmin
COCHABAMBA	69701.16447	9284290.857	1653	Tmax, Tmin
BAMBAMARCA	110894.7016	9260616.861	2495	Tmax, Tmin
CHACHAPOYAS	182689.7474	9312910.294	2442	Tmax, Tmin
SALLIQUE	22004.07716	9372725.911	1804	Tmax, Tmin
SONDORILLO	8540.187093	9408003.183	1917	Tmax, Tmin
SAN PEDRO	-56706.24858	9436381.619	240	PP
SAPILLICA	-53126.00227	9469849.486	1466	PP
VIRREY	-52530.44249	9386019.776	208	PP
TULUCE	17977.64968	9392840.52	2233	PP
HACIENDA SHUMAYA	16429.80286	9405065.225	1991	PP
PORCULLA	703.126694	9352521.326	2142	PP
EL PINTOR	109714.7149	9362540.955	533	PP
MAGUNCHAL	146841.5121	9347828.394	632	PP
COCHALAN	57819.42302	9394313.308	753.7	PP
HACIENDA PUCARA	42148.37947	9330448.41	1061.6	PP
QUEROCOTILLO	53096.26864	9304821.688	1970	PP
CHOTANO LAJAS	85327.0958	9273370.9	2163.4	PP
QUEBRADA TOMAQUE	119566.1813	9370639.72	711	PP

Fuente: SENAMHI, 2020

Generación de gráficas

Culminada la etapa de control de calidad y completación de datos, se procedió a calcular los valores decadales de la temperatura promedio del aire (máxima y mínima) y precipitación acumulada para el histórico de 1990 al 2019. Las gráficas obtenidas representan el comportamiento temporal de los parámetros climáticos, en las estaciones situadas dentro del territorio de estudio, durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados.

Generación de mapas por periodo agrícola

Previo a la elaboración de los mapas climáticos, se procedió a calcular los valores mensuales de la temperatura promedio del aire (media) y precipitación acumulada. Asimismo, se calculó los valores acumulados de grados-día, durante el periodo agrícola, según la temperatura base del

cultivo de interés. Esta actividad se realizó en las estaciones situadas dentro y fuera del territorio de estudio y para el histórico de 1990 al 2019.

La distribución espacial de la temperatura media del aire, precipitación y grados-día fue obtenida por el método de interpolación de regresión lineal múltiple, a partir de los datos mensuales calculados. Una gran ventaja del método propuesto es la corrección de la interpolación a partir de un mapa de errores, que permiten ajustar el mapa resultante y representar el comportamiento de la variable que no pudo ser explicada mediante la fórmula (Quevedo y Sánchez, 2009).

Culminado este procedimiento se obtuvo ráster climáticos mensuales, los cuales fueron luego agrupados (herramienta Raster Calculator del ArcGis) en función del periodo agrícola de cada cultivo priorizado. Finalmente, los mapas obtenidos representan el comportamiento espacial de los parámetros climáticos, en el territorio de estudio, durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados.

Generación de mapas por aptitud climática

Tomando como referencia los requerimientos bioclimáticos de los cultivos priorizados, con base en toda la información citada en el apartado 3 del presente capítulo, se procedió a definir las regiones térmicas y pluviométricas en los ráster agrupados en función del periodo agrícola del cultivo priorizado. Una vez agrupadas estas regiones se las clasifico según su grado de aptitud para el cultivo para crecer y desarrollarse en el territorio de estudio. Finalmente, los mapas obtenidos representan las áreas con categorías de aptitud climática para la producción de los cultivos priorizados.

b. Cultivo

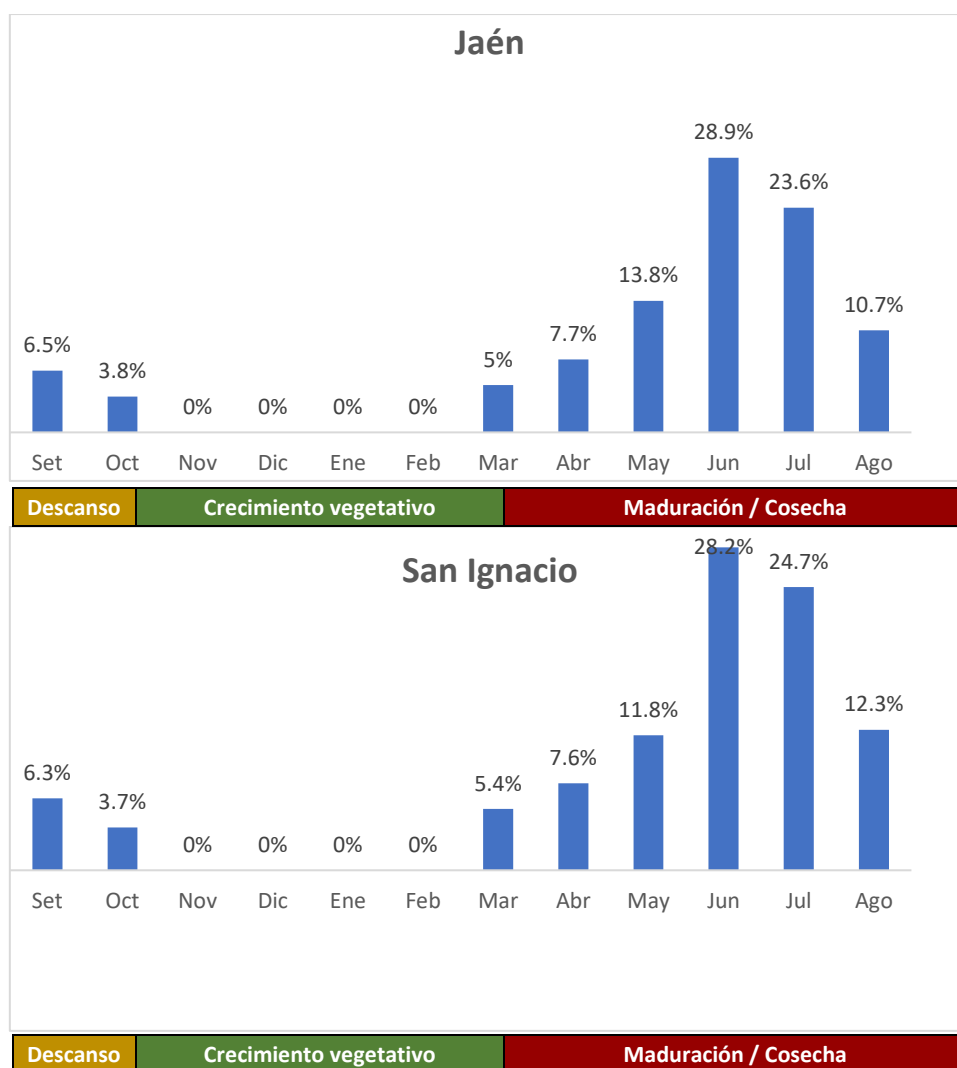
Este apartado contiene información para definir el periodo agrícola del cultivo priorizado, por otro lado, sirve de referencia para la generación de los mapas climáticos multianuales. Finalmente, la determinación de los requerimientos bioclimáticos de los cultivos priorizados nos brinda información para la generación de los mapas multianuales por aptitud climática.

Determinación del periodo agrícola del cultivo

Se utilizó información del calendario de siembras y cosechas (2000-2019) de los cultivos priorizados en el territorio de estudio, la cual se encuentra disponible en el Sistema Integrado de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2020). Igualmente se utilizaron datos relacionados al comportamiento fenológico histórico (2013-2018) de los cultivos priorizados, los cuales fueron obtenidos del Sistema FENOSYS del SENAMHI. Cabe resaltar que la Dirección Zonal 2 del SENAMHI realiza observaciones fenológicas en parcelas localizadas en diferentes partes de la zona de estudio.

En base a la información sistematizada de estas fuentes de información se determinó que el cultivo de café inicia la campaña en el mes de setiembre durante el reposo vegetativo y finaliza en agosto con la cosecha, durando 12 meses o 1 año agrícola.

Figura 16: Distribución de la producción promedio en los meses del año expresado en porcentaje para la provincia de Jaén y San Ignacio (2000-2019)



Fuente: MINAGRI, 2020

Determinación de los requerimientos bioclimáticos

Tomando como referencia la información secundaria existe (publicaciones, trabajos de investigación, entre otros), se determinaron para cada cultivo priorizado sus requerimientos bioclimáticos (temperatura del aire y precipitación) para desarrollar sus distintas etapas fenológicas. En base a la información sistematizada de estas fuentes de información se tiene los siguientes requerimientos del cultivo de café:

Tabla 5: Requerimientos agroclimáticos edáficos y de paisaje del cultivo de café (coffea arabica L.)

Variable	Etapa	Umbral	Óptimo		Umbral	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Mínimo	Máximo	Máximo	
Temperatura (C°)	Hinchazón de Yemas	15	18	22	-	MINAGRI (2019); CEPAL (2014)
	Botón Floral	15	18	22	25	

	Floración	15	18	24	25	
	Fructificación	15	18	24	25	
	Maduración	15	18	24	25	
Precipitación		750	1400	1800	4200	CEPAL (2014); MINAGRI (2019)
Textura				-		-
pH				4,5 - 5,5		MINAGRI (2019); Sánchez (2015)
Altitud			1200		2000	MINAGRI (2019); Sánchez (2015)
Pendiente			30		80	MINAGRI (2019)

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la aptitud edáfica de cada cultivo priorizado en el territorio de estudio, la información cualitativa contenida en cada parámetro físico-químico (columnas) se agrupo en categorías según sus necesidades edáficas para un buen desarrollo y crecimiento.

c. Suelo

Los datos espaciales de las variables de suelo fueron obtenidos mediante archivos shape procedentes del estudio temático de suelos de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del departamento de Cajamarca. Se procedió a generar una tabla de atributos con información (filas y columnas) de los parámetros físico-químicos (pH, textura y profundidad efectiva) de las unidades de suelos identificadas en la región. La información de la tabla de atributos fue previamente tratada antes de representar su información cartográfica en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para determinar la aptitud edáfica de cada cultivo priorizado en el territorio de estudio, la información cuantitativa contenida en cada parámetro físico-químico (columnas) se agrupo en categorías según sus necesidades edáficas para un buen desarrollo y crecimiento del cultivo del café en base a sus requerimientos.

d. Características del territorio

Para tener una buena representación de las características del territorio asociadas a los requerimientos de los cultivos priorizados se trabajó con el DEM Alos de 90 metros de resolución (<https://www.earthenv.org/DEM>). Con este DEM se generó los raster de pendientes y altitudes para todo el territorio de estudio.

Para determinar la aptitud de cada cultivo priorizado respecto a la pendiente del terreno y los pisos altitudinales distribuidos en todo el territorio, la información cuantitativa contenida en cada una de estas variables (columnas) se agrupo en categorías teniendo en consideración sus requerimientos para un buen desarrollo y crecimiento.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

a. Evaluación de la interacción clima-cultivo

Con las gráficas y mapas generados, a partir de la información de las estaciones, se analizó como las condiciones climáticas promedio, tanto de la temperatura promedio anual del aire (máxima, mínima y media) así como de la precipitación acumulada anual, influyen sobre el desarrollo y crecimiento de los cultivos priorizados durante el período agrícola.

Las gráficas temporales nos indica el comportamiento de los parámetros climáticos de manera decadal. Esta información es importante porque nos indica en que meses del año las condiciones agroclimáticas son adecuadas para la producción de los cultivos priorizados. Por otra parte, los mapas por periodo agrícola (según el cultivo priorizado) nos muestra cómo se distribuye los parámetros climáticos en el territorio, información muy importante al momento de decidir en qué áreas un tomador de decisión puede sembrar un cultivo.

b. Evaluación de la interacción suelo-cultivo

Tomando como referencia la información del estudio temático de suelos generados durante el proceso de Zonificación Ecológica y Económica y la distribución de los Sectores de Enumeración Agropecuario (SEA) que contienen áreas destinadas a la producción de los cultivos priorizados, se procedió a analizar en qué tipos de suelos se desarrollan y crecen los cultivos priorizados.

Esta información es muy importante porque brinda información importante para la determinación de los requerimientos edáficos de los cultivos priorizados en el territorio de estudio.

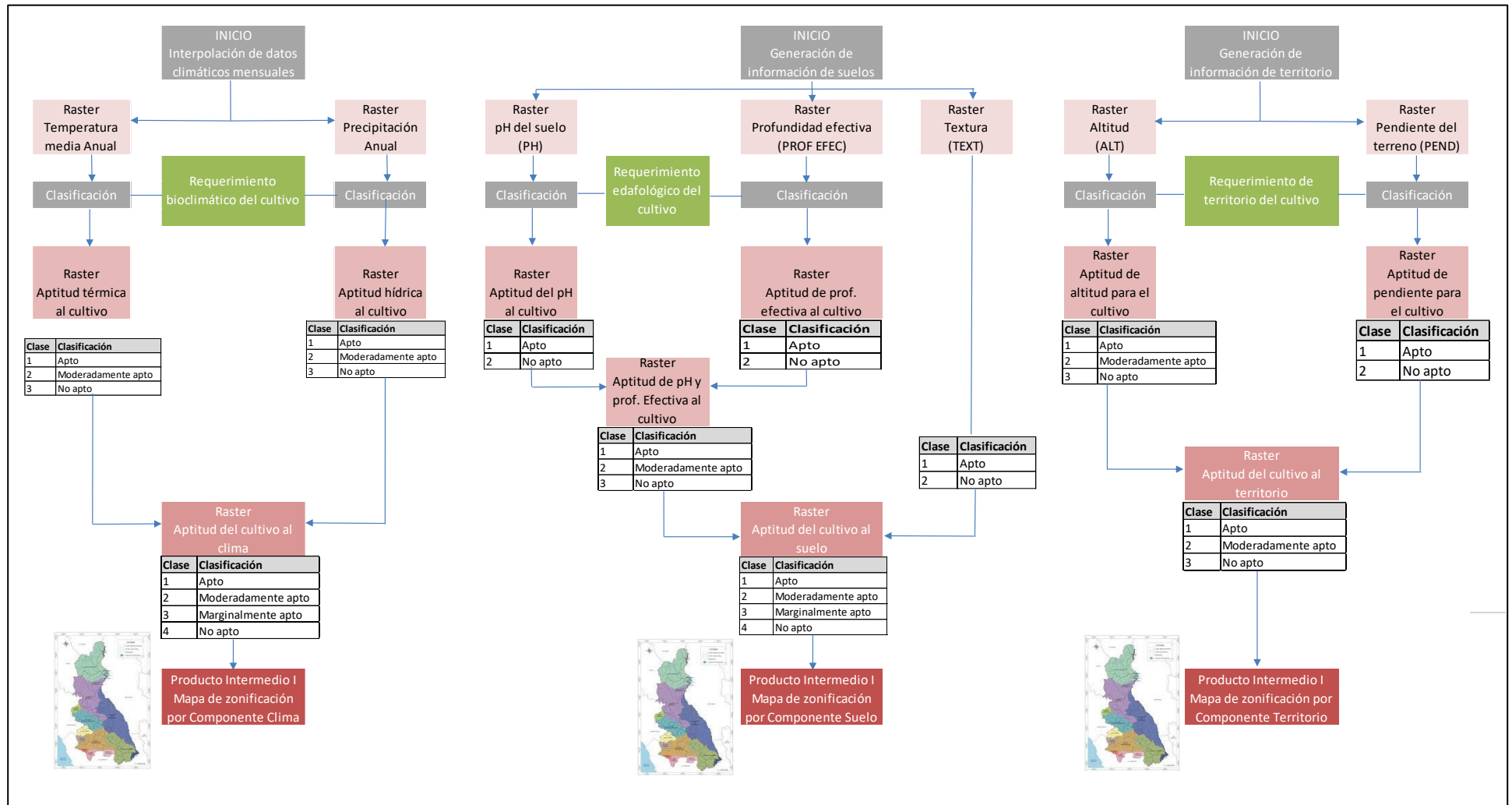
2.3 ZONIFICACIÓN POR APTITUD AGROCLIMÁTICA

La aptitud agroclimática permite espacializar la potencialidad de los diferentes productos del campo, asimilando las diferentes etapas fenológicas de las especies agrícolas junto con sus requerimientos climáticos y edafológicos. Esta información permite conocer el comportamiento de la vegetación y mejorar con ello la toma de decisiones en la producción agrícola.

Pascale et al. (2003) menciona que la aptitud agroclimática determina la satisfacción de las exigencias bioclimáticas de una especie agrícola en una región. Por su parte, Jiménez et al. (2004) definen a la zonificación de cultivos como la identificación de áreas potenciales, las cuales surgen como superposición espacial de información de variables tales como suelo, clima y cultivos.

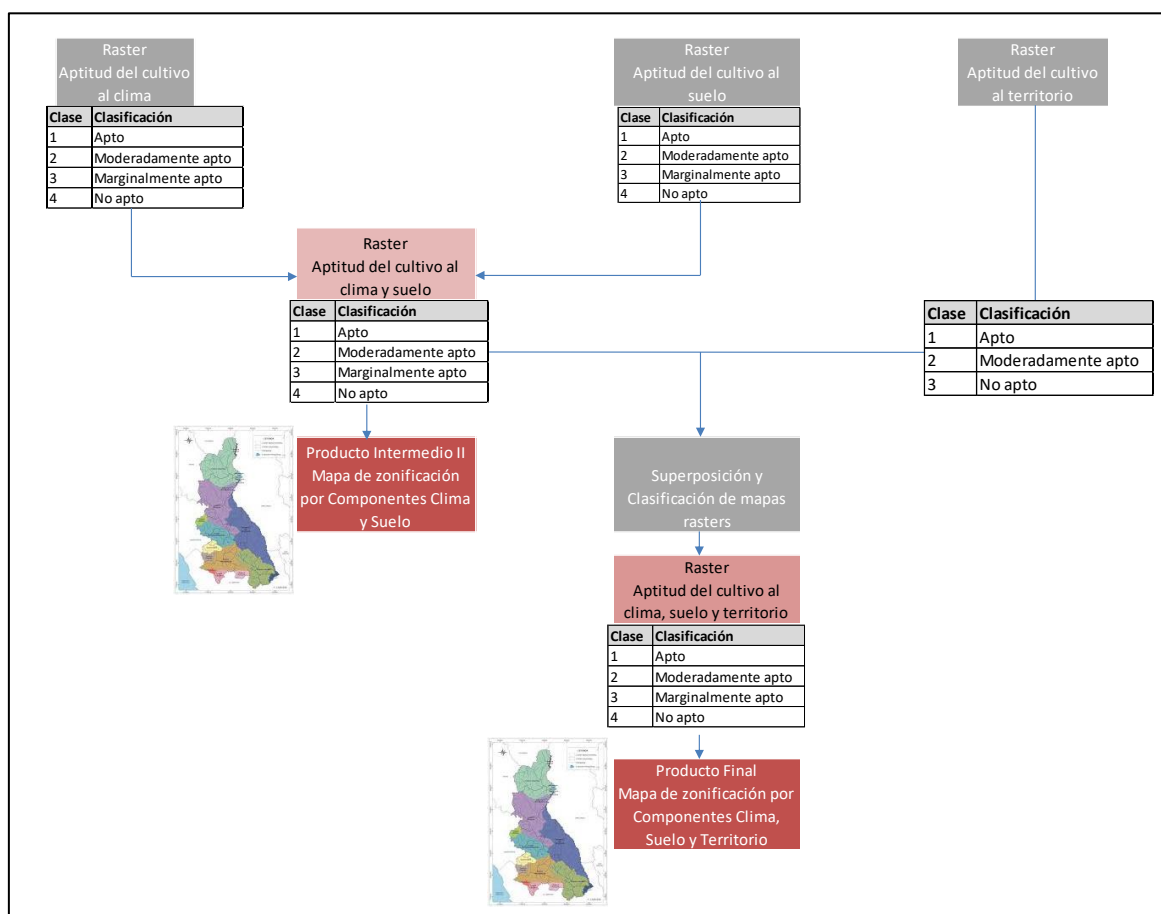
A partir de estas definiciones y las experiencias metodológicas de los estudios realizados por Anguiano et al., (2003); Granados et al. (2004); Espinoza y Orquera (2007); Da Silva et al. (2009); Falasca y Bérnabe (2009); Andrade et al. (2009); Coelho et al. (2009); Carbalho et al. (2009); Salinas (2010); entre otros; la aptitud agroclimática para los cultivos priorizados del departamento de Cajamarca se determinó a partir de la combinación del enfoque agroecológico con técnicas de SIG (Bogaert, 1995), para la identificación de áreas potenciales donde los cultivos satisfacen sus requerimientos climáticos, edáficos y aspectos relacionados a las características del territorio (**Figura 17** y **Figura 18**).

Figura 17: Flujo de procesos para determinar la zonificación por aptitud agroclimática del café por componentes independientes en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia (SENAMHI)

Figura 18: Flujo de procesos para determinar la zonificación por aptitud agroclimática del café por cruce entre componentes en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia (SENAMHI)

2.3.1 Aptitud del cultivo según el clima

Para determinar la aptitud del cultivo priorizado al clima, primero se categorizó los mapas raster de clima según los requerimientos del cultivo a los rangos apto, moderadamente apto y no apto, tanto para la variable de temperatura media anual como precipitación acumulada anual (**Tabla 6**). Seguidamente, se realizó una superposición de los dos mapas raster, obteniendo así un tercer mapa raster resultante con las áreas térmicas e hídricas aptas, moderadamente aptas y no aptas para el cultivo del café, produciéndose de este el primer producto de análisis por componentes individuales, el mapa de zonificación por componente clima (**Figura 17**).

Para obtener el mapa de zonificación por componente clima, se graficó el mapa con la clasificación resultante de todos los cruces, indicando los elementos limitantes, obteniéndose un mapa con 9 clasificaciones. Luego se reclasificó, reduciéndose la cantidad de clases a las 4 básicas: apto, moderadamente apto, marginalmente apto y no apto; obteniéndose así un segundo mapa reclasificado.

Tabla 6: Rangos térmico-hídricos para el cultivo de café (Coffea arabica) en el territorio de estudio

Rangos de temperatura					
Cultivo priorizado	No apto (°C)	Moderadamente apto (°C)	Apto (°C)	Moderadamente apto (°C)	No apto (°C)
Café	<15	15-18	18-22	22-25	>25
Rangos de precipitación					
Cultivo priorizado	No apto (mm)	Moderadamente apto (mm)	Apto (mm)	Moderadamente apto (mm)	No apto (mm)
Café	<750	750-1400	1400-1800	1800-4200	>4200

Fuente: SENAMHI, 2013a (Elaboración propia)

2.3.2 Aptitud del cultivo según el suelo

Para determinar la aptitud del cultivo priorizado según las características del suelo, primero se categorizó los mapas raster de las variables del suelo según los requerimientos del cultivo a los rangos apto y no apto, para las variables de pH, textura y profundidad efectiva (**Tabla 7**). Seguidamente, se realizó una superposición de los dos mapas raster de las variables pH y profundidad efectiva, obteniendo así un tercer mapa raster resultante, el cual se cruzó a su vez con el raster de la variable textura, obteniéndose así las áreas con características de suelo aptas, moderadamente aptas, marginalmente aptas y no aptas para el cultivo del café, produciéndose de este el primer producto de análisis por componentes individuales, el mapa de zonificación por componente suelo (**Figura 17**).

Para obtener el mapa de zonificación por componente suelo, se graficó el mapa con la clasificación resultante de todos los cruces, indicando los elementos limitantes, obteniéndose un mapa con 7 clases. Luego se reclasificó, reduciéndose la cantidad de clases a las 4 básicas: apto, moderadamente apto, marginalmente apto y no apto; obteniéndose así un segundo mapa reclasificado.

Tabla 7: Rango de valores óptimos para pH, textura y profundidad efectiva del cultivo de café

Variable	Clase Apta	Fuente Bibliográfica
pH	Muy fuertemente ácido (4.5-5), Fuertemente ácido (5.1-5.5), Moderadamente ácido (5.5,6) y Ligeramente ácido (6.1-6.5)	Coste, 1968; Figueroa, 1983; MINAG, 2003

Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso y Franco arcilloso	Aliaga y Bermúdez, 1984; Alvarado y Riojas, 1994; Castañeda, 2000
Prof. Efectiva	Moderadamente profundo (50-100cm), Profundo (100-150cm) y Muy profundo (>150cm)	Kupper, 1981; Malavolta, 1981; Figueroa, 1983; Vivanco, 2009; Wintgens, 2009

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Aptitud del cultivo según el territorio

Para determinar la aptitud del cultivo priorizado según las características del territorio, primero se categorizó los mapas raster de las variables del territorio según los requerimientos del cultivo a los rangos apto, moderadamente apto y no apto para la variable altitud, y apto y no apto para la variable pendiente (**Tabla 8**). Seguidamente, se realizó una superposición de los dos mapas raster de las variables altitud y pendiente, obteniendo así un tercer mapa raster resultante con las áreas con características de territorio aptas, moderadamente aptas y no aptas para el cultivo del café, produciéndose de este el primer producto de análisis por componentes individuales, el mapa de zonificación por componente territorio (**Figura 17**).

Para obtener el mapa de zonificación por componente territorio, se graficó el mapa con la clasificación resultante de todos los cruces, indicando los elementos limitantes, obteniéndose un mapa con 6 clases. Luego se reclasificó, reduciéndose la cantidad de clases a las 4 básicas: apto, moderadamente apto, marginalmente apto y no apto; obteniéndose así un segundo mapa reclasificado.

Tabla 8: Rangos de altitud y pendiente del terreno para el cultivo de café en la zona de estudio

Variable	Rangos de aptitud			Fuente Bibliográfica	
	No apto	Moderadamente apto	Apto	No apto	
Altitud (m.s.n.m.)	0 – 500	500 - 1300	1300 - 2500	>2500	Figueroa et al., 1996; Castañeda, 2000; MINAG, 2003; Rosado de Schwarz, 2005; PROAMAZONIA, 2003.

Pendiente (%)	-	-	0 - 60	>60	Fischersworing y Robkamp, 2001; Wintgens, 2009.
---------------	---	---	--------	-----	---

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Aptitud del cultivo según clima, suelo y territorio

Para determinar la aptitud del cultivo priorizado según las características obtenidas de los componentes, primero se realizó una superposición de los dos mapas raster de los componentes clima y suelo, obteniendo así un tercer mapa raster resultante con las áreas con características de clima y suelo aptas, moderadamente aptas, marginalmente aptas y no aptas para el cultivo del café, produciéndose de este el segundo producto de análisis por componentes individuales, el mapa de zonificación por cruce de componentes clima y suelo. Posterior a esto se realizó el cruce del mapa resultante con el del componente territorio, obteniendo así un último mapa raster resultante con las áreas con características de clima, suelo y territorio aptas, moderadamente aptas, marginalmente aptas y no aptas para el cultivo del café, produciéndose de este, el tercer y último producto de análisis por cruce de componentes, el mapa de zonificación por componente clima, suelo y territorio (SENAMHI, 2013b).

Para obtener el mapa de zonificación final, se graficó el mapa con la clasificación resultante de todos los cruces, indicando los elementos limitantes, obteniéndose un mapa con 7 clases. Luego se reclasificó, reduciéndose la cantidad de clases a las 4 básicas: apto, moderadamente apto, marginalmente apto y no apto; obteniéndose así un segundo mapa reclasificado.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 Caracterización climática del cultivo

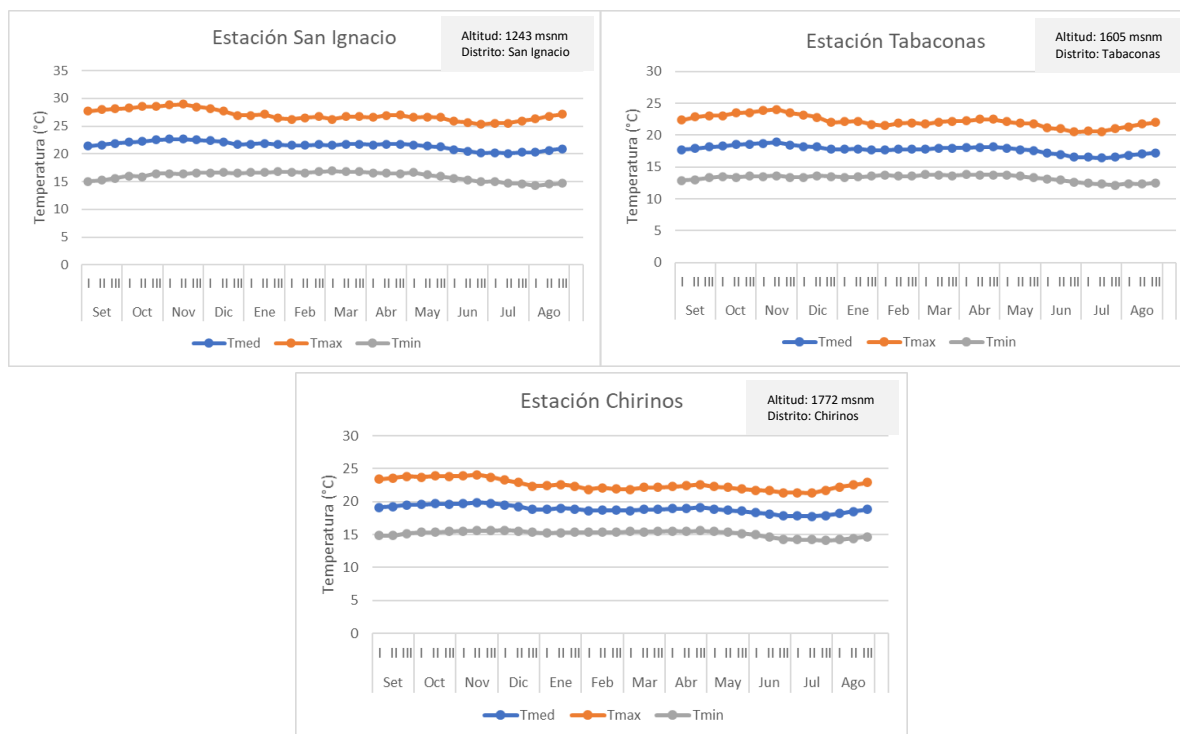
3.1.1 Evaluación de la interacción clima-cultivo

Efecto de la temperatura del aire sobre el cultivo de café

En la **Figura 19** se muestra el comportamiento de las temperaturas promedio decadal durante la campaña agrícola para los distritos de San Ignacio, Tabaconas y Chirinos. Para el caso de la estación San Ignacio, la temperatura media varía entre 20,1 y 22,7 °C, la temperatura máxima entre 25,3 y 29 °C y la temperatura mínima entre 14,3 y 16,9 °C. Para la estación Tabaconas, la temperatura media varía entre 16,4 y 18,9 °C, la máxima entre 20,5 y 24,1 °C y la mínima entre 12,2 y 13,8 °C. Para la estación Chirinos la temperatura media varía entre 17,8 y 19,9 °C, la máxima entre 21,3 y 24,1 °C y la mínima entre 14,1 y 15,6 °C.

Para la altitud de 1243 msnm en el distrito de San Ignacio se observa que la temperatura media a lo largo de la campaña es apta para el óptimo desarrollo del cultivo de café, y las temperaturas mínimas y máximas se encuentran en parte dentro de los rangos de moderadamente apta para el desarrollo óptimo del café. Para la altitud de 1605 msnm en el distrito de Tabaconas, el comportamiento promedio de las temperaturas medias del aire durante la campaña se encuentra en el rango de moderadamente apta para el cultivo de café según sus requerimientos térmicos, las temperaturas máximas se encuentran dentro del rango de apto y moderadamente apto, y las temperaturas mínimas al ser muy frías, se encuentran totalmente dentro del rango de no apto para el cultivo de café. Por último, para la altitud de 1772 msnm en el distrito de Chirinos, las temperaturas medias del aire se encuentran entre el rango superior de moderadamente apto y el rango inferior de apto para el cultivo de café, las temperaturas máximas se encuentran dentro del rango de moderadamente apto y las mínimas están entre no apto y moderadamente apto con una variación estrecha.

Figura 19: Promedio multianual (1990-2019) de la temperatura decadal para la campaña agrícola del café (set-ago) en 3 estaciones de la provincia de San Ignacio

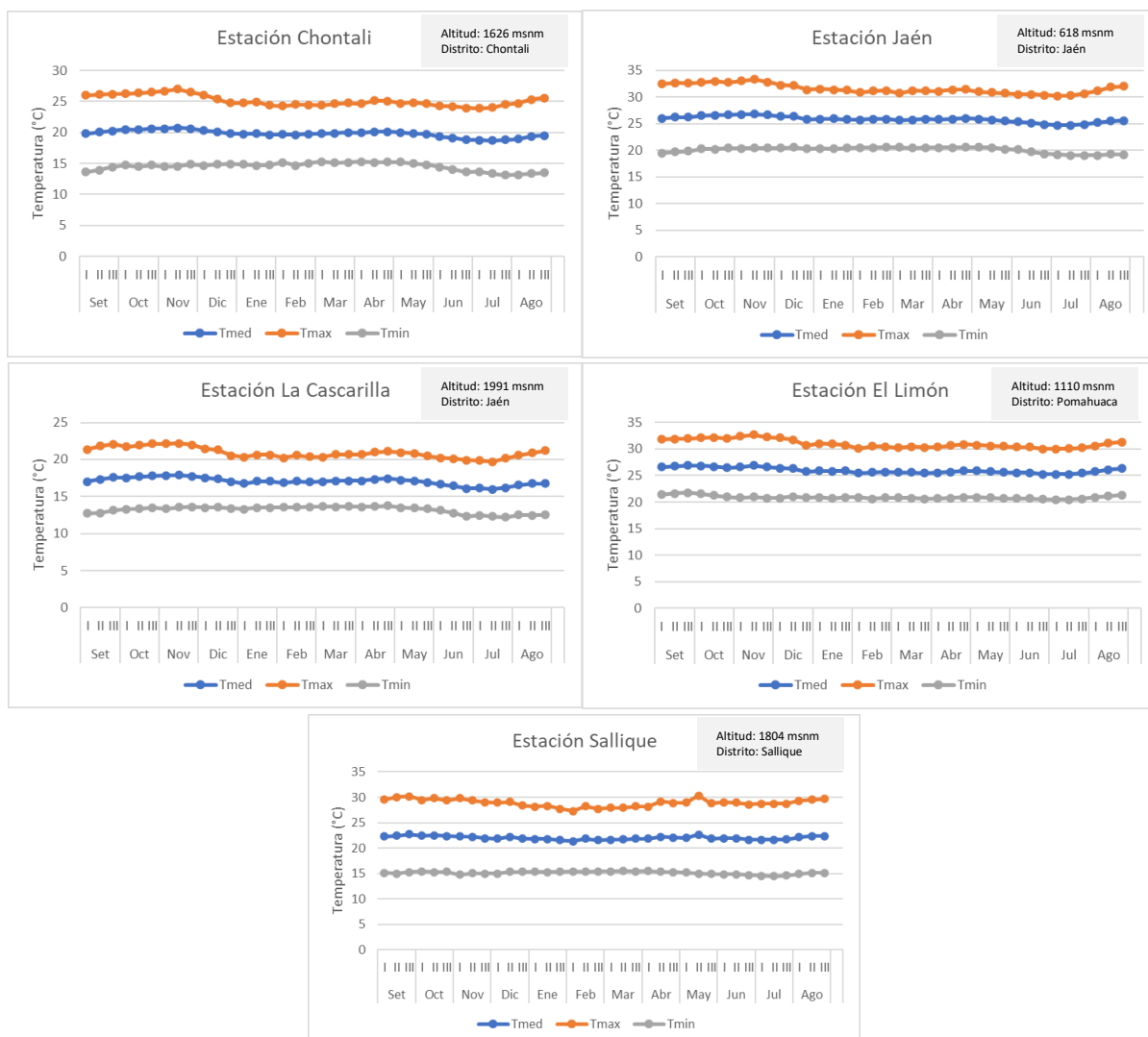


Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 20** se muestra el comportamiento de las temperaturas promedio del aire a nivel decadal durante la campaña agrícola para los distritos de Chontali, Jaén, Pomahuaca y Sallique. Para el caso de la estación **Jaén** la temperatura media del aire varía entre 24,7 y 26,8 °C, la máxima entre 30,2 y 33,3 °C y la mínima entre 19 y 20,6 °C; para la estación **Chontali**, la temperatura media varía entre 18,7 y 20,7 °C, la máxima entre 23,9 y 27 °C y la mínima entre 13,1 y 15,3 °C; para la estación **La Cascarilla** la temperatura media del aire varía entre 16 y 17,9 °C, la máxima entre 19,7 y 22,2 °C y la mínima entre 12,2 y 13,7 °C; para la estación **Sallique** la temperatura media del aire varía entre 21,4 y 22,7 °C, la máxima entre 27,3 y 30,4 °C y la mínima entre 14,5 y 15,5 °C; y para la estación **El Limón** la temperatura media del aire varía entre 25,3 y 26,9 °C, la máxima entre 30 y 32,7 °C y la mínima entre 20,4 y 21,8 °C.

De las cinco estaciones ubicadas en cuatro distritos diferentes, se observa que las temperaturas medias del aire de la estación ubicadas en los distritos de Sallique y Chontali a 1804 y 1626 msnm respectivamente, se encuentran en el rango apto para el desarrollo del café, con temperaturas mínimas y máximas entre los rangos de no apta y moderadamente apta; las estaciones Jaén y La Cascarilla a 618 y 1991 msnm respectivamente, ambas ubicadas en el distrito de Jaén, se encuentran en el rango moderadamente apto para el desarrollo del cultivo del café, y la estación El Limón, ubicada en el distrito de Pomahuaca a 1110 msnm, se encuentra en el rango de no apto para el cultivo del café, con temperaturas muy bajas.

Figura 20: Promedio multianual (1990-2019) de la temperatura decadal para la campaña agrícola del café (set-ago) en 5 estaciones de la provincia de Jaén



Fuente: Elaboración propia

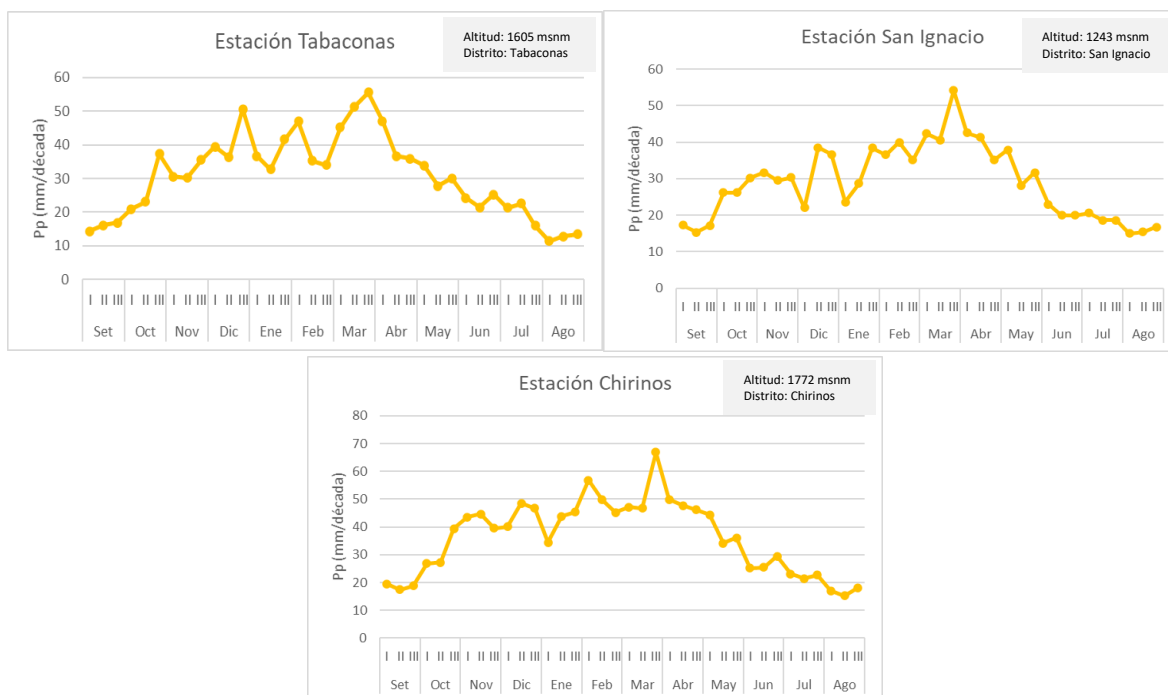
Efecto de la precipitación sobre el cultivo de café

En la **Figura 21** se muestra el comportamiento de la precipitación acumulada decadal durante la campaña agrícola para los distritos de San Ignacio, Tabaconas y Chirinos, provincia de San Ignacio. Para las tres estaciones las precipitaciones empiezan en el mes de setiembre con valores entre 10 y 20 mm/década, incrementándose hasta alcanzar su pico máximo en la tercera década de marzo con valores de 55,6 mm para la estación Tabaconas, 66,9 mm para la estación Chirinos y 54,1 mm para la estación San Ignacio. Posteriormente los valores de precipitaciones se reducen hasta alcanzar su mínimo en el mes de agosto nuevamente entre 10 y 20 mm/década.

De las tres estaciones de la provincia de San Ignacio, ubicadas en los distritos de Tabaconas, Chirinos y San Ignacio, la que presenta valores de precipitación acumulada anual mas altos es la de Chirinos con 1304 mm, ubicada a 1772 msnm, proporcionando agua suficiente para un

desarrollo del cultivo de café moderadamente apto por suficiencia hídrica, estando bastante cerca de la cantidad de agua requerida para un desarrollo apto. Las estaciones de Tabaconas y San Ignacio, ubicadas a 1605 y 1243 msnm respectivamente, registraron valores de precipitación acumulada anual de 1110 y 1044 mm, lo cual se encuentran dentro del rango de moderadamente apto para el desarrollo del cultivo de café.

Figura 21: Promedio multianual (1990-2019) de la precipitación acumulada decadal para la campaña agrícola del café (set-ago) en 3 estaciones de la provincia de San Ignacio



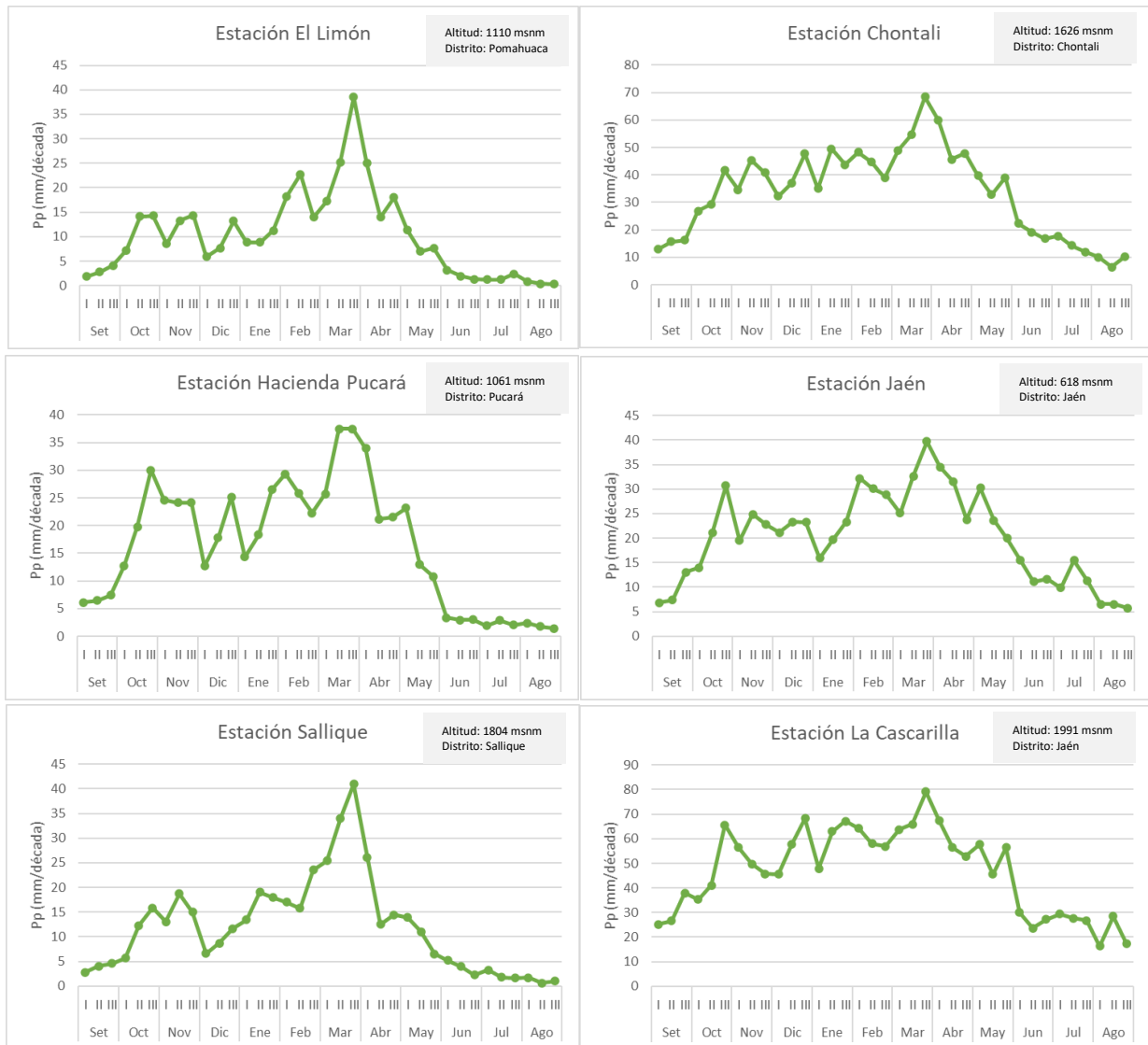
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 22** se muestra el comportamiento de la precipitación acumulada decadal durante la campaña agrícola para seis estaciones en los distritos de Jaén, Sallique, Chontali, Pomahuaca y Pucará, provincia de Jaén. Las estaciones de Sallique, El Limón y Hacienda Pucará inician con los valores más bajos en las décadas del mes de setiembre con 1 a 8 mm/década, seguido de un incremento hasta alcanzar valores máximos en la tercera década de marzo con valores entre 37 y 50 mm/década, para luego disminuir hasta alcanzar sus valores mínimos en las décadas de agosto con valores cercanos a cero. Para el caso de las estaciones Chontali y Jaén, las precipitaciones inician en las décadas del mes de setiembre con valores entre 6 y 17 mm/década, seguidamente incrementan hasta alcanzar sus valores máximos en la tercera década de marzo con 68,4 mm/década en el caso de Chontali y 39,7 mm/década en el caso de la estación Jaén, para luego disminuir hasta llegar a sus mínimos en agosto con valores entre 5 y 11 mm/década. Para el caso de la estación La Cascarilla, las precipitaciones inician en el mes de setiembre con valores entre 25 y 38 mm/década, seguidamente incrementa hasta alcanzar sus máximos en la tercera década de marzo con un promedio de 79,2 mm/década, para finalmente disminuir hasta sus mínimos en agosto con valores entre 16 y 29 mm/década.

De las seis estaciones de la provincia de Jaén ubicadas en los distritos de Jaén, Sallique, Chontali, Pomahuaca y Pucará, la que presenta valores de precipitación acumulada anual más altos es la

de La Cascarilla con 1684 mm, ubicada a 1991 msnm, proporcionando agua suficiente para un desarrollo del cultivo de café apto por suficiencia hídrica. La estación Chontali ubicada en el distrito del mismo nombre, presenta valores de precipitación acumulada anual de 1206 mm, siendo esta cantidad suficiente para un desarrollo moderadamente apto del cultivo de café, mientras que las estaciones Jaén, Hacienda Pucará, Sallique y El Limón, ubicadas a 618, 1061, 1804 y 1110 msnm respectivamente, presentan valores de precipitación acumulada anual de 732, 593, 432 y 367 mm respectivamente, proporcionando humedad insuficiente para un desarrollo apto del cultivo de café, entrando en la clasificación de no apto.

Figura 22: Promedio multianual (1990-2019) de la precipitación acumulada decadal para la campaña agrícola del café (set-ago) en 6 estaciones de la provincia de Jaén



Fuente: Elaboración propia

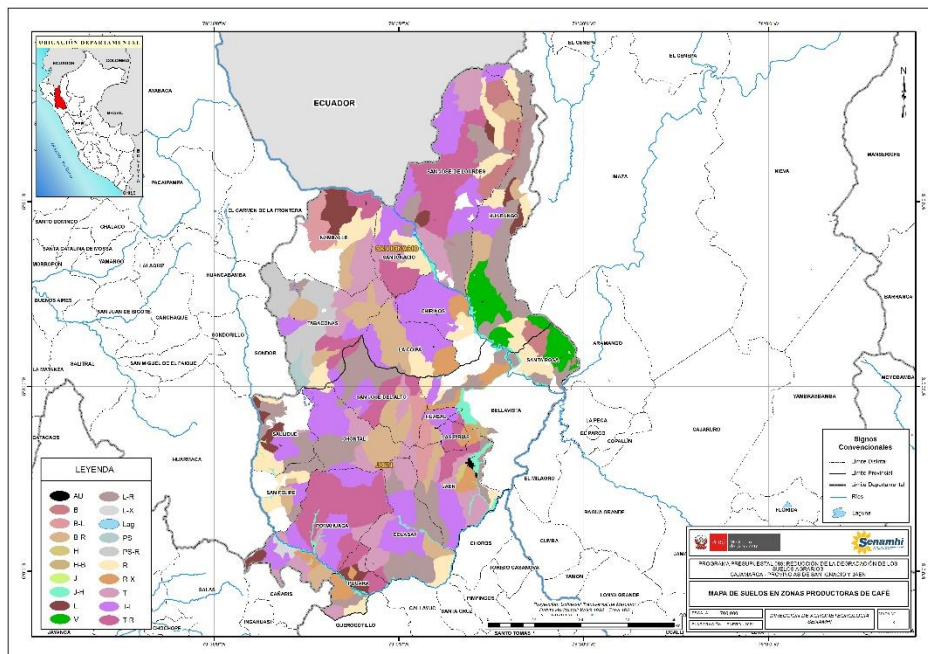
3.1.2 Evaluación de la interacción suelo-cultivo

En la **Figura 1** se observan las principales unidades de suelo que predominan en las zonas donde se cultiva normalmente café.

Los tipos de suelos que caracterizan las superficies sembradas con café en la provincia de Jaén y San Ignacio en mayor medida son los andosoles, leptosoles y regosoles, los cuales se distribuyen a lo largo de más de 308 mil hectáreas en la provincia de San Ignacio y más de 327 mil hectáreas en la provincia de Jaén.

Los suelos Andosoles se caracterizan por ser suelos negros de paisajes volcánicos, provenientes de un material parental de vidrios y eyecciones volcánicas u otro material rico en silicatos, con fuerte fijación de fosfatos. Es propio de paisajes ondulados a montañosos, húmedos y regiones tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación. Estos andosoles generalmente tienen un alto potencial para la producción agrícola, tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los suelos Leptosoles se caracterizan por ser suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Son suelos azonales y comunes a regiones montañosas, encontrándose en tierras de altitud media o alta con topografía fuertemente disectada. Se hallan en todas las zonas climáticas, en particular en zonas fuertemente erosionadas. Los suelos Regosoles se caracterizan por ser suelos minerales muy débilmente desarrollados en material no consolidado de grano fino. Se desarrolla a partir de todas las zonas climáticas sin permafrost y todas las alturas. Se encuentran comúnmente en zonas áridas y en regiones montañosas. Su perfil es sin horizontes de diagnóstico con desarrollo mínimo como consecuencia de la edad joven y/o lenta formación del suelo (ONU, 2008).

Figura 23: Unidades de suelo donde se produce café en los principales distritos del departamento de Cajamarca



Fuente: Elaboración propia

3.1 Zonificación por Componentes individuales

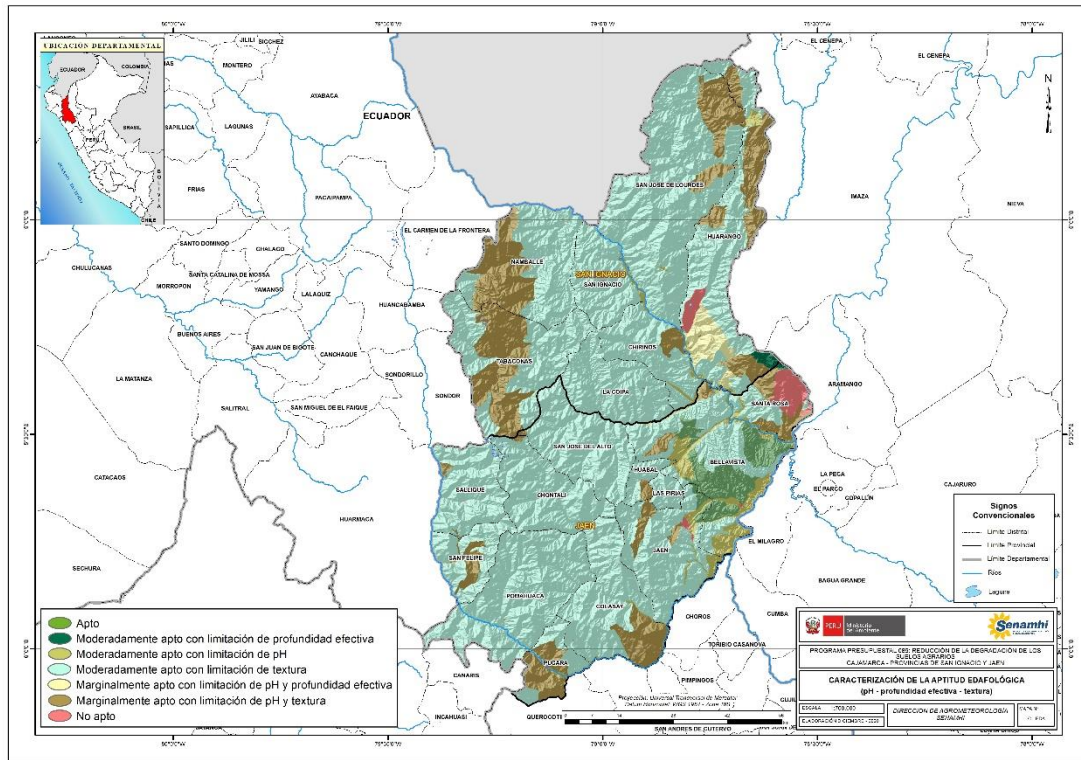
3.1.1 Componente Suelo – Cultivo

En el **Mapa 2** se muestra el cruce de mapas ráster de las variables pH, textura y profundidad efectiva clasificados por el nivel de aptitud para el cultivo de café según las condiciones de las provincias de Jaén y San Ignacio.

En la provincia de Jaén, los distritos de Jaén y Bellavista son los únicos que presenta área con condiciones de suelo **aptas** para el café con **28 319,3 ha** en total, siendo Bellavista el que posee la mayor área y Jaén solo una pequeña parte. Por otro lado, casi la totalidad de la superficie con suelos de condiciones **no aptas** para el café se encuentran en el distrito de Santa Rosa y una mínima parte en Jaén y Bellavista, sumando un total de **9 544,8 ha**. Las condiciones de suelo **moderadamente aptas con limitación de textura** se presenta casi la totalidad de los distritos de San José del Palo Alto, Chontalí, Sallique, Las Pirias y Pomahuaca y en mediana proporción en el resto de los distritos, siendo este el primer tipo de suelo más extendido en la provincia de Jaén con un total de **390 009,6 ha** en toda la provincia de Jaén. El segundo tipo de suelo más extendido es el **poco apto con limitación de pH y textura**, con un total de **47 878,9 ha** distribuidas en mayor superficie en los distritos de Pucará, Colasay, San Felipe, Jaén, Santa Rosa, Huabal y Bellavista. Por último, el tipo de suelo **moderadamente apto con limitación de pH** se encuentra mayormente en el distrito de Bellavista y en menor proporción en los distritos de Jaén y Santa Rosa, haciendo un total de **27 238,5 ha**.

Para la provincia de San Ignacio, el primer tipo de suelo más extendida es el **moderadamente apto con limitación de textura**, presentándose casi en su totalidad en los distritos de San Ignacio y La Coipa, y en mediana proporción, en el resto de distritos, con un total de **359 261,1 ha**. El segundo tipo de aptitud de suelo más extendido es el **poco apto con limitación de pH y textura**, con un total de **107 613,2 ha** distribuidas mayormente en los distritos de Namballe, Tabaconas, Huarango y San José de Lourdes. El tercer tipo de suelo más extendido, aunque en mucha menor proporción comparado con los anteriores, es el **poco apto con limitación de pH y profundidad efectiva**, presentándose sólo en el distrito de Huarango con un total de **11 775,2 ha**. En menor proporción aún se encuentra el suelo **moderadamente apto con limitación de pH, no apto y moderadamente apto con limitación de profundidad efectiva**, con superficies totales de 6 441,3 ha 3 668,0 ha y 2 064,0 ha respectivamente, estos tres en el distrito de Huarango. El tipo de suelo apto es prácticamente inexistente.

Mapa 2: Zonificación del componente suelo para las variables pH, textura y profundidad efectiva para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio

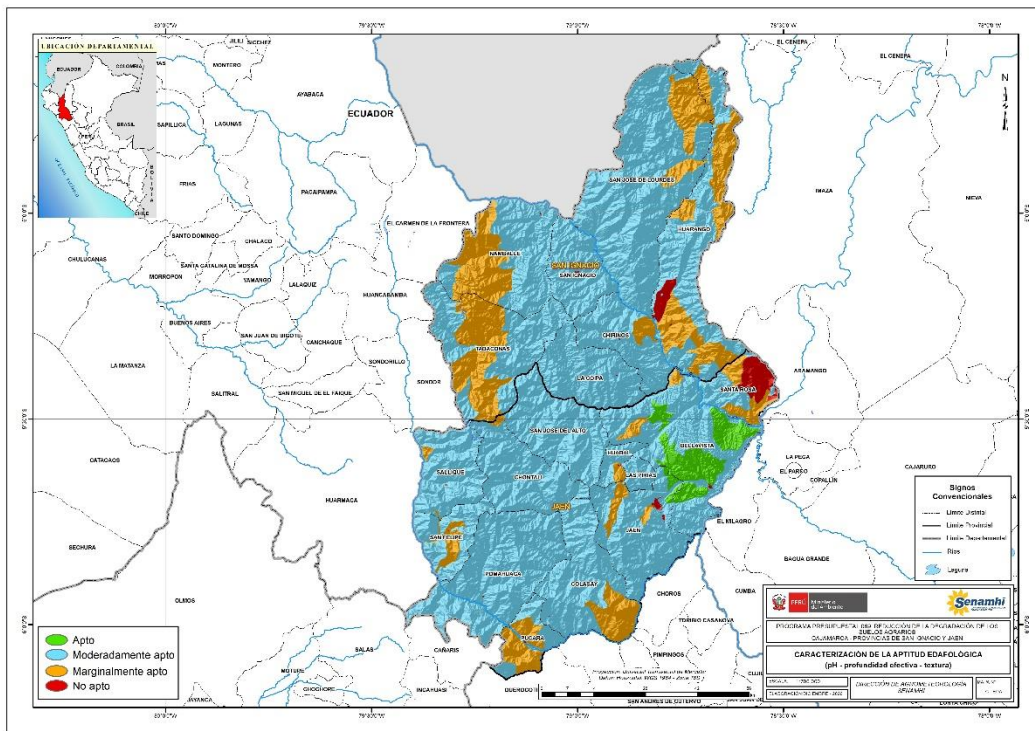


Fuente: Elaboración propia

Se puede decir sobre la aptitud de suelos para el área de estudio, a modo general, que existe una reducida área de suelo netamente apto para el café del 2,9 % del total del territorio (**Mapa 3**) que se ubica hacia el este de la provincia de Jaén mayormente en el distrito de Bellavista.

También se observa que el tipo de suelo más abundante es el moderadamente apto que ocupa un 79,0 % del área de estudio, siendo la principal limitante para el cultivo de café la textura, limitando en un 75,4 %. Seguidamente, se aprecia que el área marginalmente apta para el cultivo de café es la segunda más común y ocupa un 16,8 % del área de estudio (**Mapa 3**).

Mapa 3: Zonificación del componente suelo para las variables pH, textura y profundidad efectiva para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio reclasificado a nivel de grandes grupos



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Componente Territorio – Cultivo

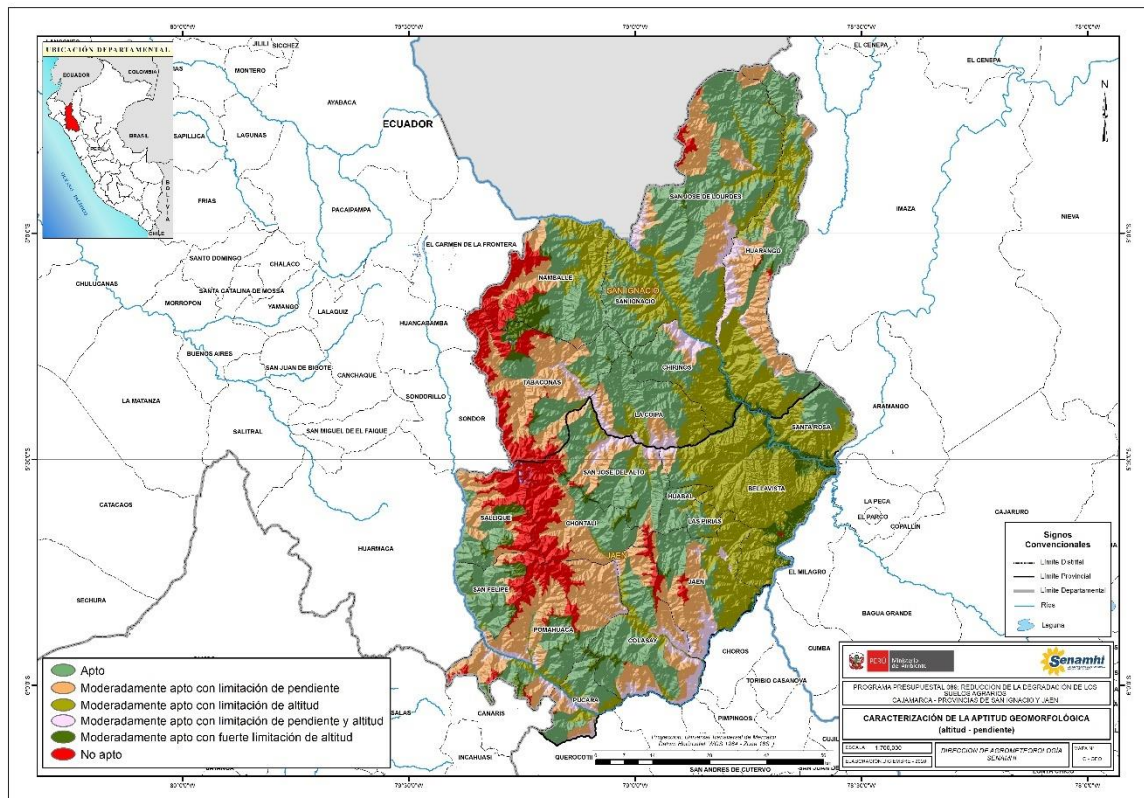
En el **Mapa 4** se muestra el cruce de mapas ráster de las variables altitud y pendiente clasificados por el nivel de aptitud para el cultivo de café según las condiciones de las provincias de Jaén y San Ignacio.

Se observa que en la provincia de Jaén predomina el territorio **apto** con 154 285,8 ha distribuidas en todos los distritos; en segundo lugar, se encuentra el territorio **moderadamente apto con limitación de altitud** con 125 768,4 ha distribuidas mayormente en los distritos de Santa Rosa, Bellavista y Jaén. También se observa territorio **moderadamente apto con limitación de pendiente** con 115 287,9 ha distribuidas mayormente en los distritos de Sallique, Chontalí, Pomahuaca, Colasay, Jaén y San José del Alto. Luego se encuentra el territorio **no apto** para el cultivo de café con 51 591,3 ha distribuidas principalmente en los distritos de Sallique, Chontalí, San Felipe y Pomahuaca. Por último, se encuentran las clasificaciones **moderadamente apto con fuerte limitación de altitud** y **moderadamente apto con limitación de pendiente y altitud**, con 32 994,8 ha y 25 017,4 ha respectivamente, el primero en los distritos de Bellavista y Santa Rosa, y el segundo en los distritos de Jaén, Colasay, San José del Alto y Pomahuaca.

En la provincia de San Ignacio se observa como el más común el tipo de territorio **apto** para el cultivo de café, con 204 137,5 ha distribuidas en todos los distritos, seguido del territorio **moderadamente apto con limitación de altitud** con 118 039,7 ha distribuidas principalmente en los distritos de Namballe, San Ignacio, Chirinos, La Coipa, Huarango y San José de Lourdes. El

tercer tipo de territorio más común es el **moderadamente apto con limitación de pendiente** con 95 484,1 ha distribuidas mayormente en los distritos de Tabaconas, Namballe, Huarango y San José de Lourdes. Luego se encuentra el tipo de territorio **no apto**, con 36 511,5 ha distribuidas mayormente en los distritos de Namballe y Tabaconas. Por último, se encuentra la clasificación **moderadamente apto con limitación de pendiente y altitud y moderadamente apto con fuerte limitación de altitud**, con 22 746,0 ha y 15 262,3 ha respectivamente, el primero mayormente en los distritos de Huarango, La Coipa y Chirinos, y el segundo en Namballe y Tabaconas.

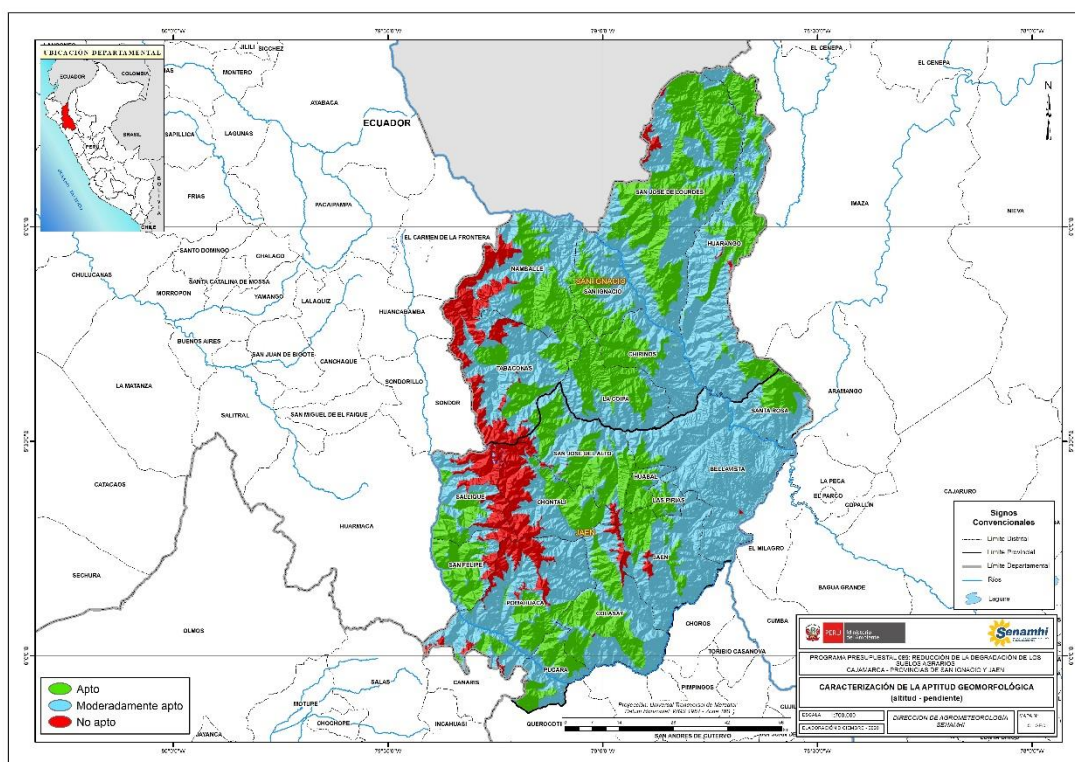
Mapa 4: Zonificación del componente territorio para las variables altitud y pendiente para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: Elaboración propia

A modo general se puede decir sobre las zonas con características de territorio aptas para el cultivo de café, que la clasificación **moderadamente apto** es la más común, representando un 55,2 % del área de estudio, distribuyéndose a lo largo de toda la zona de estudio, seguido de la clasificación **apto** que representa un 35,9 % del área, igualmente distribuida a lo largo del área de estudio (**Mapa 5**). También se puede decir que la altitud y la pendiente limitan casi en similar medida, aunque la altitud limita más.

Mapa 5: Zonificación del componente territorio para las variables altitud y pendiente para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio reclasificado a nivel de grandes grupos



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Componente Clima – Cultivo

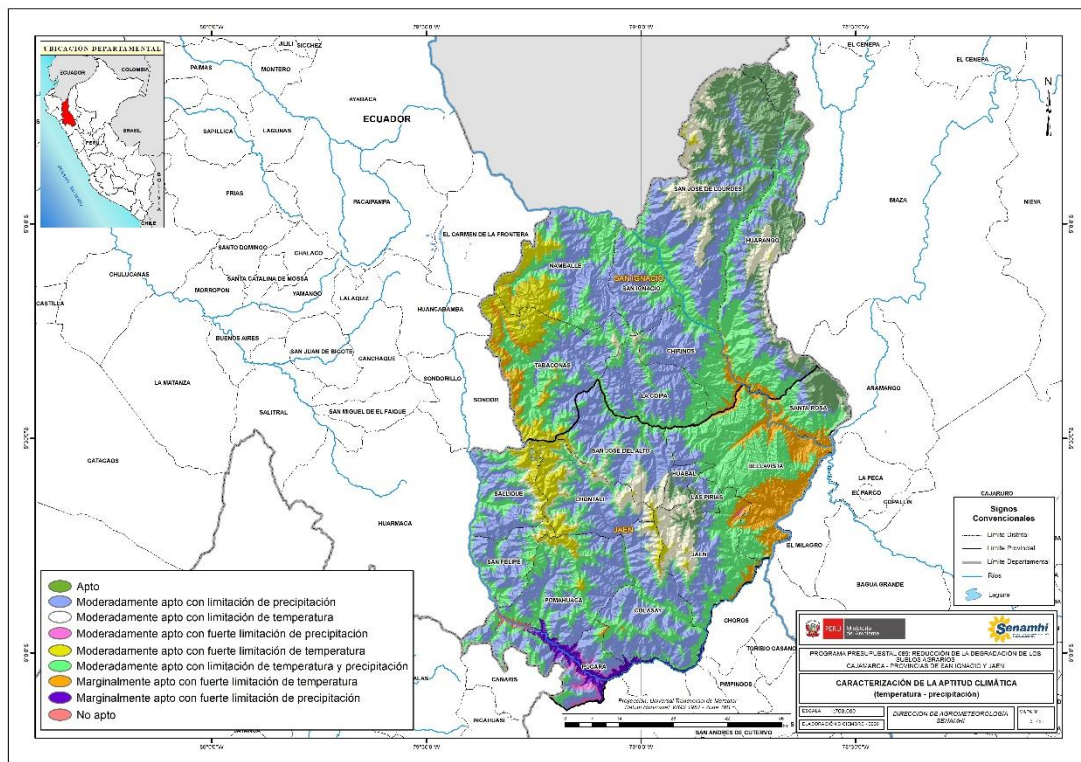
En el **Mapa 6** se muestra el cruce de mapas ráster de las variables altitud y pendiente clasificados por el nivel de aptitud para el cultivo de café según las condiciones de las provincias de Jaén y San Ignacio.

Se observa para la provincia de Jaén que el tipo de clima más común es el **moderadamente apto con limitación de precipitación**, con 189 705,1 ha distribuidas en todos los distritos, seguido del **moderadamente apto con limitación de temperatura y precipitación**, el cual ocupa 177 657,4 ha distribuidas en los distritos de Santa Rosa, Bellavista y Jaén en mayor proporción. El tercer tipo de clima más común es el **poco apto con fuerte limitación de temperatura** con 41 320,0 ha distribuidas mayormente en los distritos de Bellavista, Santa Rosa y Jaén. También se encuentra el clima **moderadamente apto con limitación de temperatura, moderadamente apto con fuerte limitación de temperatura, apto y poco apto con fuerte limitación de precipitación**, con 37 714,6 ha, 25 665,6 ha, 15 924,3 ha y 11 323,4 ha respectivamente; ubicándose los dos primeros en el centro de la provincia de Jaén y al nor-oeste, y ubicándose el clima apto en el distrito de Santa Rosa principalmente y en Huabal, Las Pirias y Jaén en menor proporción, y el clima poco apto con fuerte limitación de precipitación hacia el sur de Jaén en los distritos de Pomahuaca, Pucará y Colasay. Los climas menos encontrados son el **moderadamente apto con fuerte limitación de precipitación** y el **no apto**, los cuales se presentan en 3 499,1 ha y 2 246,2 ha respectivamente, ubicado el primero en el distrito de Pucará principalmente y el segundo

clima no apto hacia el sur-oeste del distrito de Pomahuaca y hacia el nor-este del distrito de Jaén en zonas reducidas.

Para la provincia de San Ignacio se observa que los climas más comunes son el **moderadamente apto con limitación de precipitación** y el **moderadamente apto con limitación de temperatura y precipitación**, con 176 827,2 ha y 154 808,2 ha respectivamente, ubicándose ambos en todos los distritos. También se puede observar los climas **apto**, **moderadamente apto con fuerte limitación de temperatura** y **moderadamente apto con limitación de temperatura**, con 75 433,8 ha, 34 718,0 ha y 34 600,7 ha respectivamente, de los cuales el primer tipo de aptitud se encuentra hacia el nor-este en los distritos de San José de Lourdes y Huarango, el segundo se encuentra hacia el oeste en los distritos de Namballe y Tabaconas, y el tercer tipo de aptitud se encuentra hacia el este en los distritos de Huarango y San José de Lourdes. La zona climática menos común es la poco apta con fuerte limitación de temperatura, con 15 845,2 ha, las cuales se distribuyen hacia el oeste en el distrito de Tabaconas y hacia el sur-este en los distritos de Chirinos y Huarango.

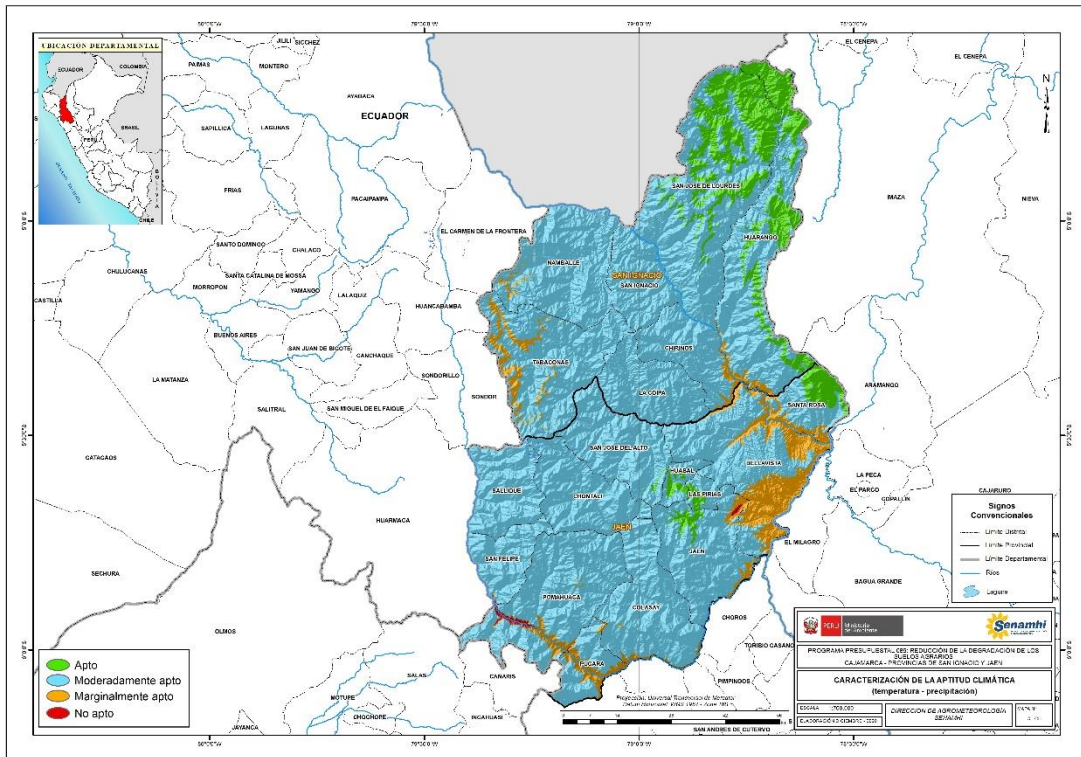
Mapa 6: Zonificación del componente clima para las variables temperatura y precipitación para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: Elaboración propia

Se puede decir a modo general sobre las zonas climáticas aptas para el cultivo de café en el área de estudio, que la clasificación más común es la **moderadamente apto**, con un **83,7 %** del área de estudio. La clasificación **apto** representa sólo un **9,2 %** del territorio total y se ubica hacia el nor-este de ambas provincias, y que el clima **no apto** es muy reducido, siendo solo un **0,2 %** del área de estudio (**Mapa 7**). Además, se puede decir que la principal limitante del clima para el cultivo del café es la precipitación.

Mapa 7: Zonificación del componente clima para las variables temperatura y precipitación para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio reclasificado a nivel de grandes grupos



Fuente: Elaboración propia

3.2 Zonificación por cruce de componentes suelo y clima

En el **Mapa 8** se muestra el cruce de mapas ráster de los componentes suelo y clima clasificados por el nivel de aptitud para el cultivo de café según las condiciones de las provincias de Jaén y San Ignacio.

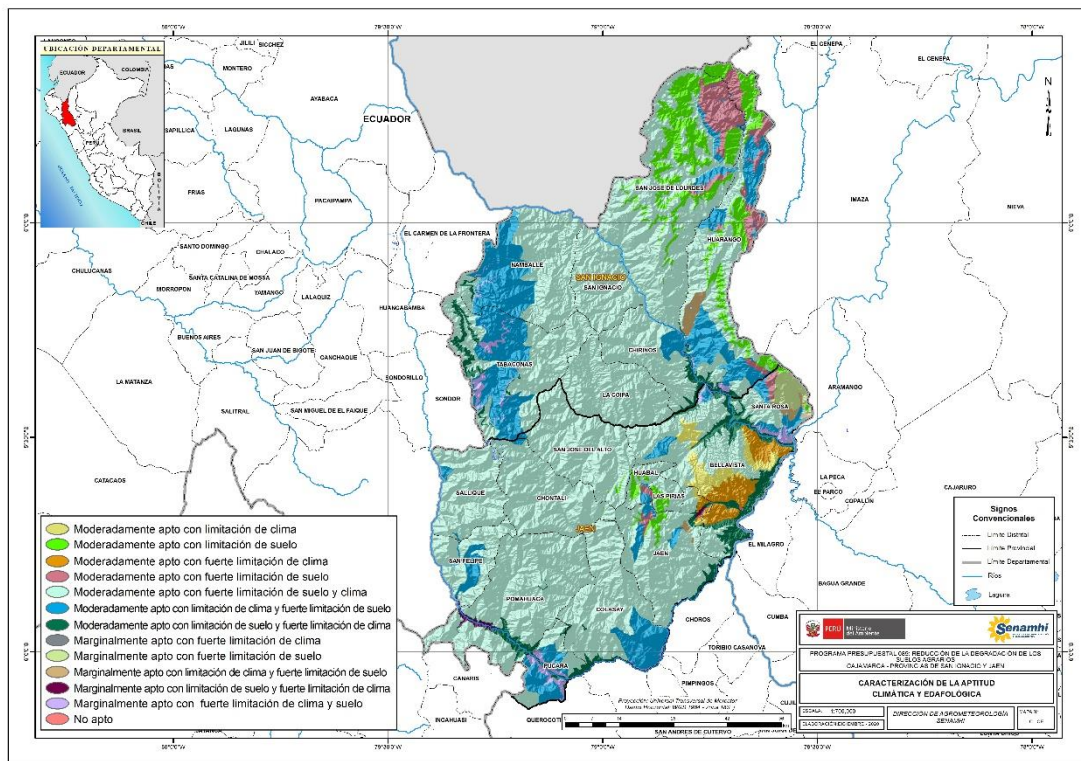
Para el cruce de componentes clima y suelos en la provincia de Jaén se observa que la clasificación más común es la de **moderadamente apto con fuerte limitación de suelo y clima** con 379 566,4 ha distribuidas en todos los distritos; seguido de la clasificación **moderadamente apto con limitación de clima y fuerte limitación de suelo y moderadamente apto con limitación de suelo y fuerte limitación de clima**, con 38 758,2 ha y 30 725,6 ha respectivamente, la primera distribuidas principalmente en los distritos de Colasay, Pucará, San Felipe, Jaén y Santa Rosa y la segunda en los distritos de Santa Rosa y Bellavista. En continuo se encuentra las clasificaciones **moderadamente apto con fuerte limitación de clima y moderadamente apto con limitación de clima**, con 15 543,7 ha y 12 828,1 ha respectivamente, ambos distribuidos en el distrito de Bellavista. Luego se encuentran las clasificaciones de **marginalmente apto con fuerte limitación de suelo, moderadamente apto con limitación de suelo, marginalmente apto con fuerte limitación de clima y suelo, moderadamente apto con fuerte limitación de suelo, marginalmente apto con limitación de clima y fuerte limitación de suelo y marginalmente apto**

con limitación de suelo y fuerte limitación de clima, con 6 482,6 ha, 6 263,6 ha, 6 109,7 ha, 3 153,3 ha, 2 878,0 ha y 2 225,1 ha respectivamente, mayormente ubicados en los distritos de Santa Rosa, Huabal, Las Pirias y Jaén. Por último, se encuentran las clasificaciones **no apto** y **marginalmente apto con fuerte limitación de clima**, con 155,3 ha y 10,5 ha respectivamente.

En la provincia de San Ignacio se observa que la clasificación más común es **moderadamente apto con fuerte limitación de suelo y clima**, con 306 830,1 ha distribuida en todos los distritos, seguido de la clasificación **moderadamente apto con limitación de clima y fuerte limitación de suelo**, con 90 121,0 ha distribuidas en los distritos de Namballe, Tabaconas, Huarango y Chirinos principalmente. Luego se puede encontrar la clasificación **moderadamente apto con limitación de suelo**, con 51 151,5 ha distribuidas principal y únicamente en los distritos de San José de Lourdes y Huarango. En continuo se encuentran las clasificaciones **moderadamente apto con fuerte limitación de suelo**, **moderadamente apto con limitación de suelo y fuerte limitación de clima**, **marginalmente apto con fuerte limitación de clima y suelo** y **marginalmente apto con limitación de clima y fuerte limitación de suelo** con 24 253,2 ha, 10 533,8 ha, 5 187,6 ha y 3 655,0 ha respectivamente, ubicadas en los distritos de Tabaconas, San José de Lourdes y Huarango. Por último, se encuentran las clasificaciones de **moderadamente apto con limitación de clima**, **no apto** y **marginalmente apto con fuerte limitación de suelo**, con 66,1 ha, 27,9 ha y 2,4 ha respectivamente.

A modo general se puede decir sobre la aptitud de clima y suelo para el cultivo de café en el área de estudio que, el tipo de aptitud más común es la **moderadamente apta con fuerte limitación de suelo y clima**, representando un 68,9 % del área total de estudio. También se puede decir que la principal limitante es el suelo; además que la clasificación **no apta** representa sólo un 0,02 %, siendo esta muy reducida.

Mapa 8: Zonificación del cruce de componentes clima y suelo para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio



Fuente: Elaboración propia

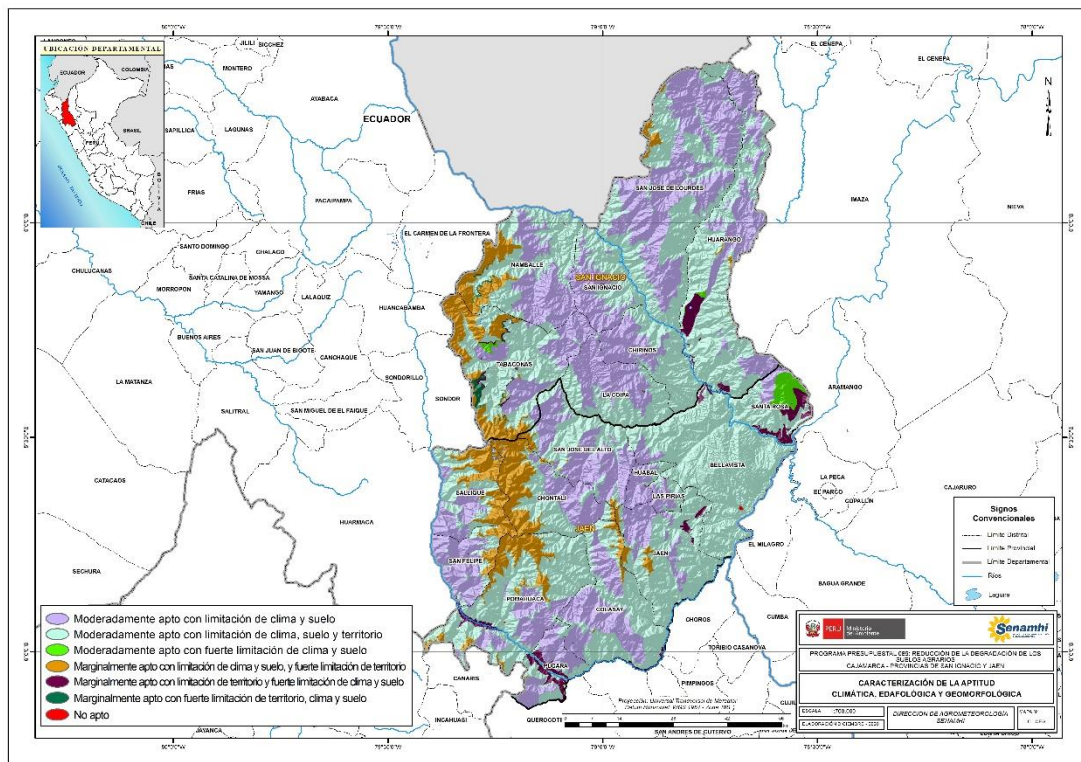
3.3 Zonificación por cruce de todos los componentes

En el **Mapa 9** se muestra el cruce de mapas ráster de los componentes suelo, territorio y clima clasificados por el nivel de aptitud para el cultivo de café según las condiciones de las provincias de Jaén y San Ignacio.

Para la provincia de Jaén se observa que la clasificación por aptitud más común es **moderadamente apta con limitación de clima, suelo y territorio**, con 286 633,8 ha distribuidas en todos los distritos, seguido de la clasificación **moderadamente apta con limitación de clima y suelo**, con 148 557,4 ha distribuidas en todos los distritos igualmente. Seguido se encuentra la superficie **marginalmente apta con limitación de clima y suelo y fuerte limitación de territorio**, con 51 302,9 ha distribuidas principalmente en los distritos de Chontalí, Sallique, San Felipe y Pomahuaca. Posteriormente se encuentra el tipo **marginalmente apto con limitación de territorio y fuerte limitación de clima y suelo y moderadamente apto con fuerte limitación de clima y suelo**, con 11 818,2 ha y 5 590,5 ha respectivamente, distribuidas en los distritos de Santa Rosa, Pucará y Pomahuaca principalmente. Por último, se encuentra el tipo **marginalmente apto con fuerte limitación de territorio, clima y suelo y no apto**, con 156,3 ha para ambos casos.

Para la provincia de San Ignacio el tipo de superficie más común es el **moderadamente apto con limitación de clima, suelo y territorio**, con 246 259,2 ha distribuidas en todos los distritos, seguido del **moderadamente apto con limitación de clima y suelo**, con 202 908,8 ha distribuidas igualmente en todos los distritos. Seguido se encuentra el tipo **marginalmente apto con limitación de clima y suelo y fuerte limitación de territorio**, con 33 437,9 ha distribuidas principalmente en los distritos de Namballe y Tabaconas. Luego se halla la clasificación **marginalmente apto con limitación de territorio y fuerte limitación de clima y suelo**, **marginalmente apto con fuerte limitación de territorio, clima y suelo** y **moderadamente apto con fuerte limitación de clima y suelo**, con 4 992,0 ha, 2684,1 ha y 1 155,8 ha respectivamente, distribuidas en los distritos de Tabaconas y Huarango. Por última, se encuentra la clasificación **no apto**, con 31,1 ha.

Mapa 9: Zonificación del cruce de componentes clima, suelo y territorio para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio



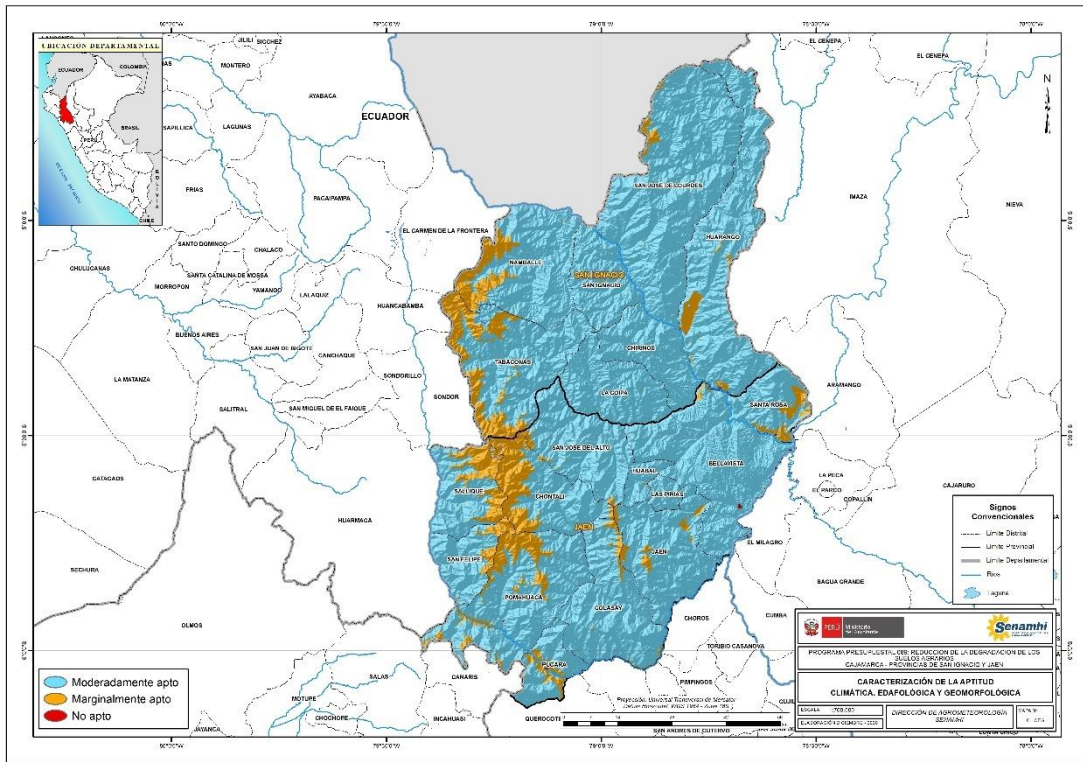
Fuente: Elaboración propia

A modo general se puede decir sobre la aptitud de clima, suelo y territorio para el cultivo de café en el área de estudio que, la clasificación más común es la **moderadamente apta con limitación de clima, suelo y territorio**, la cual representa el 53,3 % de toda el área de estudio. Igualmente se puede decir que el componente más limitante para el cultivo de café es el suelo y el componente que aporta mayor aptitud óptima es el clima.

La mayor parte del territorio entra dentro de la clasificación **moderadamente apto**, siendo esta el 89.5 % del área de estudio (**Mapa 10**), la cual alberga diferentes tipos de limitaciones entre limitaciones de suelo (pH, textura y profundidad efectiva), de clima (temperatura y

precipitación) y de territorio (altitud y pendiente). Si bien estas limitaciones afectan al desarrollo del cultivo en diferentes modos y grados, este puede desarrollarse con cierta normalidad bajo las medidas de manejo requeridas y considerando que el cultivo en estas zonas no necesariamente va a alcanzar su máximo potencial de desarrollo.

Mapa 10: Zonificación del cruce de componentes clima, suelo y territorio para el cultivo de Café en las provincias de Jaén y San Ignacio reclasificado a nivel de grandes grupos



Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, BJ; Bermúdez, RJ (1984). Manual Práctico del Cafetalero. 1ra Edición. Ediagraria. La Molina-Perú. p:5-34
- Alvarado M; Rojas G (1994). El cultivo y beneficiado del café. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a distancia San José. Primera edición.
- Andrade, A., Bastos, E. y Silva C. (2009). Zoneamento da aptidão climática para a videira Europeia no estado do Piauí. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte. MG. Brasil.
- Anguiano, J., Coria, V., Ruiz, J., Chávez, G. y Alcántara, J. (2003). Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate Persea americana cv Hass en Michoacán, México. Proceedings V World Avocado Congress. pp. 323-328.
- Bogaert, P. (1995). The spatial interpolation of agroclimatic data (cokriging software and source code). User manual. FAO. Roma.
- Burgos, J.J. (1963). Las heladas en la Argentina. Colección científica del INTA. Buenos Aires, Argentina. Vol. 3. 388 pp.
- Carbalho, S., Anschau, A., Flores, N. & Hilbert, J. (2009). Argentina potentiality to develop sustainable bioenergy projects. Methodology to determine driving forces of land use changes using GIS tools. Presentado en el 3rd International Conference on Energy Sustainability ASME. San Francisco, California USA. Paper N° ES2009-90353. Disponible en: <http://www.asmedl.org>. (Fecha de consulta: Junio del 2011).
- Castañeda, E (2000). El ABC del café: cultivando calidad. Lima: Tecnatrop.
- Coelho, M., López, J., Coelho, E., Santos T. y Marín F. (2009). Aptidão agroclimática do estado da Bahia para o cultivo do mamoeiro. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte. MG. Brasil.
- Coste, R (1969). El Café. Colección Agricultura Tropical. Primera edición. Editorial Blume. Barcelona, Madrid, España. 263p.
- Da silva, A., Batista, W., Melo Passos, E., Barros, A., Faccioli G. y Soares A. (2009). Zoneamento edafoclimático para a cultura do coqueiro no estado do Sergipe. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte. MG. Brasil.
- Espinoza, J. y Orquera, A. (2007). Zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en las provincias de: Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. Ecuador. 12 pp.
- Falasca, S. y Bernabé, M. (2009). Aptitud agroclimática argentina para el cultivo de *Jatropha curcas* L. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte, 22-25 de septiembre de 2009.
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. (en línea, sitio web). Consultado 26 set. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 128 pp.

- Feng, S.; Hu, Q.; Qian, W. (2004). Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: a new dataset. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(7), 853-870.
- Figueroa, R (1983). *La caficultura en el Perú*. 1 ed. Lima. Perú, Editorial FIESSA. 202 p.
- Figueroa, R; Fisherworrying, B; Rosskamp, R (1996). *Guía para la Caficultura Ecológica. Café Orgánico*. GTZ. Lima. Perú. 171 pp.
- Gobierno Regional Cajamarca (2019). *Taza de Excelencia 2019: el mejor café del Perú proviene de Cajamarca*. Nota de prensa N°696. Revisado el 02 de feb del 2020. Web: www.regioncajamarca.gob.pe/portal/noticias/det/499
- Granados, R., Reyna, J., Soria, R. y Fernández, O. (2004). Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín N° 54*. Instituto de Geografía y UNAM. México. pp. 24-35.
- Guijarro, J. A. (2004). CLIMATOL: software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos.
- ICAFE (2011). *Guía técnica para el cultivo del Café*. Heredia Costa Rica 1era ed. 72p.
- INEI (2009). *Compendio estadístico departamental 2009*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú.
- INEI (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. INEI, Lima, Perú.
- Jiménez, C., Vargas, V., Salinas, W., Aguirre, M. y Rodríguez, D. (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. (53):58-74*.
- Jiménez, C; Vargas, V; Salinas, W; Aguirre, M; Rodríguez, D (2004). Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. (53):58-74*.
- Küpper, A (1981). Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira, en E. Malavolta, T. Yamada y J. A. Guidolin (eds.), *Nutrição e adubação do cafeeiro* Instituto da Potassa e Fosfato EUA/Instituto Internacional da Potassa (Suiza), Piracicaba, Brasil, pp. 27-54.
- Malavolta, E (1981). *Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: passado, presente e perspectivas*. In: Malavolta, E.; Yamada, T. & Guindolin, J.A., eds. *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba, Instituto de Potassa e Fosfato/Instituto Internacional de Potassa. p.138-195.
- MINAG (2003). *Caracterización de las zonas cafetaleras en el Perú*. PROAMAZONIA. Lima, Perú.
- MINAGRI (2014). *Calendario de Siembras y Cosechas*. Revisado el 01 de Jul del 2020. Web: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=calendario-de-siembras-y-cosechas/calendario-de-siembras-y-cosechas>
- MINAGRI (2017). *Boletín Estadístico de la Producción Agrícola Ganadera 2017 II - Trimestre*. Lima, Perú
- MINAGRI (2018). *Serie Estadística De Producción Agrícola - SEPA*. Revisado el 25 de nov del 2019. Web: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- MINAGRI (2019). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de café. Ficha técnica N°11*. MINAGRI, Perú.
- Pascale, A., Damario, E. y Blettler, J. (2003). Aptitud agroclimática actual de Cinco Saltos (Río Negro, Argentina) para el cultivo del manzano. XIII Congreso Brasileiro de

- Agrometeorologia, Santa María - RS, 03 a 07 de agosto 2003: Situação atual e perspectivas da agrometeorologia. Pág.567-568.
- Pascale, A., Damario, E. y Blettler, J. (2003). Aptitud agroclimática actual de Cinco Saltos (Río Negro, Argentina) para el cultivo del manzano. XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa María - RS, 03 a 07 de agosto 2003: Situação atual e perspectivas da agrometeorologia. Pág.567-568.
 - Poma R, W; Alcántara B, G (2012). Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras departamento de Cajamarca. Gobierno Regional Cajamarca.
 - PROAMAZONIA (2003). Caracterización de las zonas cafetaleras en el Perú. Informe Final. Programa para el desarrollo de la Amazonía, Lima, Perú. 136 pp.
 - Rosado de Swartz, L (2005). Caracterización de la producción de Café Orgánico en Perú. Junta Nacional de Café, Lima, Perú.
 - Salinas, E. (2010). Aptitud agrícola en el Corredor Mantaro. FOVIDA.
 - Sánchez E, JA (2015). Plan de manejo del Café en el ámbito del VRAEM. MINAGRI
 - Schrooder, R. (1966). Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la precipitación en el Perú. En Boletín del Centro de estudios meteorológicos del Perú. 9 (1). Junio 1966. p.3.
 - SENAMHI (2013a). Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco. SENAMHI, Lima, Perú.
 - SENAMHI (2013b). Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de papa y maíz amiláceo en la subcuenca del río Shullcas, Junín. SENAMHI, Lima, Perú.
 - SENAMHI (s.f). Mapa de Clasificación Climática del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Lima, Perú.
 - Vivanco, C (2009). Efecto de fuentes naturales de fertilización en café (*Coffea arabica*) var. Caturra Roja en Río Venado (Satipo). 101 p. Tesis para Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
 - Wells, N. (2003). Documentation of the original and self-calibrating Palmer Drought Severity Index used in the Nat. Agr. Decision Support System. Univ. of Nebraska, Lincoln.
 - Wintgens, JN (2009). Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. 2nd edition, Wiley-VCH
 - World Meteorological Organization (2018). Guide to Climatological Practices.
 - Yzarra T, WJ; López R, FM (2011). Manual de Observaciones Fenológicas. SENAMHI