

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RECURSO SUELO EN EL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA (*Colocasia
esculenta*), Y EL BOSQUE DEL SECTOR CAJABAMBA,
PROVINCIA DE PASTAZA.**

AUTOR:

Daniel Stalin Álvarez Lucero

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina

PUYO-ECUADOR

2019

DECLARACION DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe, **Alvarez Lucero Daniel Stalin** portador de la cedula de identidad N° **160050338-5**, hago constar que soy el autor del proyecto de investigación con el título **“SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RECURSO SUELO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA (*Colocasia esculenta*), Y EL BOSQUE DEL SECTOR CAJABAMBA, PROVINCIA DE PASTAZA”**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del asesor de dicho trabajo, Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina en tal sentido, se manifiesta la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de conclusiones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo, a la vez cedo los derechos a la Universidad Estatal Amazónica que pueda realizar publicaciones sobre la misma así como su almacenamiento tanto en medio físico y electrónico.

En la ciudad de Puyo, a los 04 días del mes de febrero de dos mil diecinueve.



Alvarez Lucero Daniel Stalin

160050338-5



Dr. Bravo Medina Carlos Alfredo, PhD.

175701537-3

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Bravo Medina Carlos Alfredo, con número de cedula 1757015373 certifico que el egresado **Alvarez Lucero Daniel Stalin** realizó el Proyecto de Investigación titulado “SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RECURSO SUELO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA (*Colocasia esculenta*), Y EL BOSQUE DEL SECTOR CAJABAMBA, PROVINCIA DE PASTAZA”, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental bajo mi supervisión.



Dr. Bravo Medina Carlos A, PhD.

1757015373



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 156-IL-UEA-2018

Puyo, 25 de enero de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El trabajo de titulación correspondiente al estudiante ALVAREZ LUCERO DANIEL STALIN C.I. 1600503385, con el Tema: **“SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RECURSO SUELO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA (COLOCASIA ESCULENTA) Y EL BOSQUE SECTOR CAJABAMBA, PROVINCIA DE PASTAZA”**, de la carrera Ingeniería Ambiental, Director de proyecto Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 9%, Informe generado con fecha 25 de enero de 2019 por parte del director, conforme archivo adjunto.

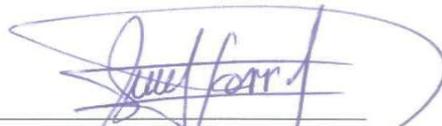
Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco, MSc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RECURSO SUELO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA (*Colocasia esculenta*), Y EL BOSQUE DEL SECTOR CAJABAMBA, PROVINCIA DE PASTAZA”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.



Ms. Sc. Bolier Torres

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ms. Sc. Reyes Fabián

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ms. Sc. Naranjo Patricio

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por bendecirme con la salud y vida, por ser siempre el pilar fundamental en los momentos difíciles y por las experiencias que he aprendido en mi investigación, de igual manera doy gracias por estar culminando mi carrera y proyecto de titulación sin ninguna dificultad. Siento una gratitud hacia mis padres Diego Alvarez y Yolanda Lucero por regalarme los consejos y experiencias que ellos pasaron en su vida estudiantil, lo cual me sirvió de mucho para lograr mi sueño.

Además doy gracias a mis hermanos Adrián Alvarez y Alexis Alvarez por ser miembros de mi familia y sobre todo por el apoyo que me otorgaron cuando más los necesitaba. Por último agradezco a mi tía Gladis Alvarez y abuelita María Cristina Caza por el apoyo moral y económico que me concedían desde la ciudad de Quito.

Gratifico a mis amigos Thony Huera, Richard Barroso, Ingeniero Jorge Luis Alba e Ingeniera Laura Mosquera, a todos ustedes que siempre me han venido desean los mejores deseos para lograr mi objetivo, además por ayudarme en el muestreo en mi área de estudio.

De igual forma un agradecimiento especial para mi tutor de proyecto de grado Dr. Carlos Bravo por regalarme parte de su tiempo para poder realizar este proyecto con su asesoramiento y orientación.

Para concluir le doy gracias a la Universidad Estatal Amazónica por acogerme y brindarme una excelente educación y a los profesores que me enriquecieron con sus conocimientos durante todo este tiempo de formación.

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación se lo dedico a Dios por siempre iluminarme con la sabiduría y entendimiento, seguidamente a mis queridos padres Diego Alvarez y Yolanda Lucero por ese cariño, esfuerzo y consejos que día a día me otorgaban, ellos siempre han estado pendiente de mi salud, bienestar y educación, siendo ellos mis principales ejemplos de vida para culminar mi profesión.

De la misma forma a mis hermanos Adrián Alvarez y Alexis Alvarez que han estado en las buenas y malos momentos junto a mí y que cuando los necesitaba nunca me negaron su ayuda para lograr mi meta planteada.

En seguida a mis familiares que se encuentran en la ciudad de Quito en especial a mi abuelita María Cristina Caza y a mi tía Gladis Alvarez por siempre animarme con sus consejos y por sus oraciones que eran de mucha ayuda para culminar sin ninguna dificultad el proyecto de titulación.

A mi novia Geovanna Ramos y amigos que estaban en los buenos y malos momentos que se presentaron a lo largo de la investigación, siempre ellos motivándome, colaborando en las actividades diarias y regalándome consejos constructivos.

Igualmente a los profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental, los cuales nos enseñaron sus conocimientos y experiencias aprendidas en su vida profesional.

Por último a la Universidad Estatal Amazónica por haberme acogido estos cinco años en sus instalaciones y por prepararnos con profesores de calidad, dado que me siento muy feliz por haber pertenecido a esta maravillosa institución, ya que ha generado un profesional con ética y moral para servir al mundo entero.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en caracterizar los servicios ecosistémico del recurso suelo en el sistema de producción con papachina (*Colocasia esculenta*) y el Bosque, de la localidad de Cajabamba 2, provincia de Pastaza, Amazonia Ecuatoriana. Se seleccionaron 12 Unidades de producción agropecuarias y un bosque en donde se recolectó las muestras de suelo a una profundidad de 0- 20 cm, para determinar las propiedades asociadas a la fertilidad de suelo, tales como: pH, acidez, aluminio intercambiable, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo disponible y las bases intercambiables (K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2}), mientras que para las propiedades físicas se recolectó muestras no alteradas a diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm), para los indicadores estructurales como densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención. La valoración de los servicios ecosistemicos se realizó usando los métodos de valoración de uso directo e indirecto lo que permitió obtener el valor económico total de los componentes asociados a la fertilidad (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Materia orgánica) y del secuestro de carbono. Los resultados de las propiedades físicas reflejaron una adecuada condición estructural con bajos valores de densidad aparente, alta conductividad hidráulica saturada, adecuada distribución de la porosidad del suelo en la mayoría de los usos evaluados, sugiriendo que no existe problemas de compactación, ni limitación para el desarrollo de raíces, aireación, retención de agua. Las propiedades químicas asociadas a la fertilidad mostraron suelos con pH ácidos, con valores de moderados a bajo de nutrientes, altos contenido de materia orgánica y de nitrógeno en los sistemas de producción con papachina, mientras que el bosque mostro bajos niveles en la mayoría de nutrientes. Se identificaron distintos servicios ecosistémico y se valoraron a nivel de finca y el bosque la fertilidad y el secuestro de carbono. En la Valoración económica de la fertilidad del suelo la materia orgánica fue la que presentó mayor contribución al valor económico total oscilando de 49 a 97 % en todos los usos. El análisis del conjunto de fincas y el bosque mostro diferencias en la fijación de carbono y por tanto en las cantidades de CO_2eq que se dejan de emitir al ambiente mostrando el efecto de mitigación sobre el calentamiento climático.

Palabras claves: papachina, Servicios ecosistémicos, fertilidad, Secuestro de carbono, abonos orgánicos, recurso suelo.

ABSTRACT

The object of this investigation consisted in distinguish the ecosystem service from the source called soil in the production pipeline with papachina (*Colocasta esculenta*) and the Forest, from the location in Cajabamba 2, Pastaza province, in the ecuadorian amazon. 12 units of agricultural production were selected within a forest where the soil samples have been recolected at a depth from 0 – 20 cm, for determine the properties associated with the soil fertility, like: pH, interchangeable sourness and aluminum, organic carbón, total nitrogen, available phosphorus and interchangeable bases (K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2}), while for the physics properties the recolected samples were not altered to different depths. (0-10, 10-20, 20-30cm), for structured indicators like seeming density, saturared hydraulic conductivity, total porosity, aired porosity and keeping porosity. The ecosystem service were valued with direct and undirect used valuation methods, with this we could obtained the total economic value of the components linked with fertility (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium and Organic Material) and the kidnapping carbon. The results from physics properties shows up a good structural condition with low seeming density values, high saturared hydraulic conductivity, a good porosity distribution of the soil from the samples, this results suggest no problems with the compaction or limitations for roots development, aired, wáter retention of the soil. The chemical properties associated with fertility show up soils with sourness pH, them with moderated values of low nutrients, high index of organic material and nitrogen at the production systems with Papachina, while the results of the forest show low values for the majority of the nutrients. There were detected differnt ecosystemic services and were valorated to a land level the fertility forest and the carbon keeping. In the economic valoration of the soil's fertility the organic material represent more contribution to the total economic value fluctuate from 49 to 97% in all the uses. The comprehensive analysis of the land and the forest showed differences in the carbon fixation and therefore in the emition of CO₂eq ammounts in the enviroment manifest the mitigation effect for climate warming.

Keywords: papachina, ecosystem services, Fertility, carbon sequestration, organic fertilizers, soil resource.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II	6
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CON PAPACHINCA EN LA ZONA DE CAJABAMBA.....	8
2.2.2. DENSIDAD DE PLANTACIÓN.....	9
2.2.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE PAPACHINA EN CAJABAMBA	9
2.2.4. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	10
2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	10
2.2.5.1. DE SOPORTE:.....	10
2.2.5.2. DE PROVISIÓN:	10
2.2.5.3. DE REGULACIÓN:.....	10
2.2.5.4. CULTURALES:	11
2.2.6. SERVICIOS ECOSISTÉMICO Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	12

2.2.7. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	13
2.2.8. SUELO COMO RECURSO NATURAL.	14
2.2.9. FUNCIONES O SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SUELO.....	14
2.2.9.1. PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y BIOMASA.	15
2.2.9.2. ESCENARIO INDISPENSABLE PARA LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.	15
2.2.9.3. ALMACENAMIENTO O FIJACIÓN DE CARBONO.	15
2.2.9.4. ALMACENAMIENTO Y FILTRACIÓN DE AGUA.	15
2.2.9.5. SOPORTE DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y FUENTE DE MATERIAS PRIMAS.....	16
2.2.9.6. RESERVA DE BIODIVERSIDAD.	16
2.2.9.7. DEPÓSITO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO.	16
2.2.9.8. ENTORNO FÍSICO Y CULTURAL PARA LA HUMANIDAD.	16
CAPITULO III.....	17
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.1. LOCALIZACIÓN:.....	17
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.4. EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO	18
3.4.1. MUESTREO DE SUELO Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS	18
3.4.2 ANÁLISIS FÍSICOS.....	18
3.4.3. ANÁLISIS QUÍMICOS	19
3.4.4 POTENCIAL SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO.....	19
3.4.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE FERTILIDAD DEL SUELO Y CO ₂ EQUI COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO BAJO DISTINTOS USOS DE LA TIERRA	19

3.5.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.6.	RECURSOS HUMANOS.....	21
3.7.	MATERIALES	21
3.7.1.	MATERIALES PARA EL TRABAJO DE CAMPO:.....	21
3.7.2.	MATERIALES PARA EL MUESTREO:.....	21
3.7.3.	MATERIALES DE LABORATORIO:.....	22
3.7.4.	REACTIVOS.....	22
CAPÍTULO IV.	23
4.	RESULTADOS ESPERADOS	23
4.1.	PRINCIPALES SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE PAPACHINA Y BOSQUE.....	23
4.2.	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO BAJO SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA Y BOSQUE.	27
4.2.1	PROPIEDADES FÍSICAS	27
4.2.1.1.	DENSIDAD APARENTE (DA)	27
4.2.1.2.	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA (KSAT).....	29
4.2.1.3.	POROSIDAD TOTAL (PT).....	31
4.2.1.4.	POROSIDAD DE AIREACIÓN (PA)	33
4.2.1.5.	POROSIDAD DE RETENCIÓN (PR).....	35
4.2.2.	PROPIEDADES QUIMICAS	37
4.2.2.1.	PH	37
4.2.2.2.	ACIDEZ INTERCAMBIABLE	38
4.2.2.3.	ALUMINIO	39
4.2.2.4.	MATERIA ORGÁNICA.....	40
4.2.2.5.	NITRÓGENO TOTAL.....	41
4.2.2.6.	FÓSFORO DISPONIBLE (P).....	41

4.2.2.7. BASES INTER CAMBIABLES (POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO).....	43
4.3 VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL RECURSO SUELO EN EL BOSQUE ALEDAÑO Y EL SISTEMA DE PRODUCCION CON PAPACHINA.	45
CAPITULO V.	49
5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1. CONCLUSIONES	49
5.2. RECOMENDACIONES.....	50
CAPÍTULO VI.	51
6.- REFERENCIAS	51
CAPÍTULO VII.	56
7. ANEXOS.....	56

TABLA DE CONTENIDO: FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos.	11
Figura 2. Recopilación de métodos utilizados para la Valoración de Servicios Ecosistémicos, según TEEB.	13
Figura 3. Ubicación relativa del área de estudio, Parroquia San José, sector Cajabamba 2, Santa Clara, Ecuador.	17
Figuras 4. Valores promedios de la Densidad aparente (Mgm ³) a diferentes profundidades: 0-10 cm (a);10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la comunidad de Cajabamba 2.	28
Figura 5. Valores promedios de conductividad hidráulica saturada (Ksat cm h ⁻¹) a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	30
Figuras 6. Valores promedios de Porosidad total a diferentes profundidades: 0-10 cm (a);10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	32
Figuras 7: Figuras 7. Valores promedios de porosidad de aireación a diferentes profundidades: 0-10 cm (a);10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	34
Figuras 8: Valores promedios de porosidad de retención a diferentes profundidades: 0-10 cm (a);10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	36
Figura 9. Valores promedios del potencial de Hidrógeno a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	37
Figura 10. Valores promedios de la Acidez a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	38
Figura 11. Valores promedios de Aluminio a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	39
Figura 12. Valores promedios de la Materia Orgánica a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	40
Figura 13. Valores promedios del Nitrógeno a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.	41

Figuras 14: Valores promedios del Fósforo disponible (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.....	42
Figuras 15: Valores promedios de las bases intercambiables: K (a), Ca (b), Mg (c) a de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.....	44

TABLA DE CONTENIDO: TABLAS

Tabla 1. Recurso humano que colaboró en el proyecto de investigación.....	21
Tabla 2. Servicios ecosistémicos identificados por los propietarios de los sistemas de producción con papachina y bosque, en el sector de Cajabamba 2.....	24
Tabla 3. Valoración de la fertilidad del suelo como servicios ecosistémico en el sistema de producción con papachina y bosque.....	46
Tabla 4. Secuestro de carbono en el suelo como servicio ecosistémico del sistema de producción con papachina y el bosque.....	48

TABLA DE CONTENIDO: ANEXOS

Anexo 1: Sector Cajabamba 2 con sus respectivos cultivos de papachina, donde a su vez almacenan en lugares estratégicos para posteriormente ser comercializado el producto.....	56
Anexo 2: Preparación de Kits para la recolección de muestras para evaluar las propiedades físicas y químicas.....	57
Anexo 3: Preparación de las muestras recolectadas en el sistema de producción con papa china y bosque, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica (UEA).....	58
Anexo 4: Análisis del pH, aluminio y acidez intercambiable de las muestras obtenidas del cultivo de papachina y bosque, en el laboratorio de suelos de la UEA.....	59
Anexo 5: Análisis del Nitrógeno Total, Fósforo, Calcio, Potasio y Magnesio de las muestras obtenidas del cultivo de papachina y bosque, en el laboratorio de Bromatología de la UEA...	60
Anexo 6: Encuesta realizada a los propietarios de los sistemas de producción con papachina..	61
Anexo 7: Análisis de los indicadores estructurales: densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de las muestras obtenidas del cultivo de papachina y bosque, en el laboratorio de suelos.....	62

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

Es de suma importancia evitar que los bosques del mundo sufran daños ya que almacenan más de 650,000 millones de toneladas de carbono: el 44 por ciento en biomasa; el 11 por ciento en madera muerta y hojarasca, y el 45 por ciento en el suelo. La superficie forestal mundial supera ligeramente los 4 000 millones de hectáreas, lo que representa el 31 por ciento de la superficie total de tierra. Los bosques son recursos mundiales importantes que proporcionan una amplia gama de beneficios medioambientales, económicos y sociales. Suministran diversos productos valiosos, como madera, leña, fibras y otros productos forestales madereros y no madereros, y contribuyen a los medios de vida de las comunidades rurales. Asimismo, proporcionan servicios ecosistémico esenciales, como la lucha contra la desertificación, la protección de las cuencas hidrográficas, la regulación del clima y la conservación de la diversidad biológica, y desempeñan una función importante en el mantenimiento de los valores sociales y culturales (Prieto, Rodríguez, Rosales, Madrid y Mejía, 2013).

Los bosques también pueden desempeñar un papel importante para hacer frente a los problemas generados por el cambio climático mundial. Por ejemplo, absorben el carbono de la atmósfera y lo almacenan en los árboles y los productos forestales. Si los bosques se gestionan adecuadamente, también pueden proporcionar madera, una alternativa renovable a los combustibles fósiles. La conservación de toda la superficie forestal, la replantación de los bosques talados y la ordenación forestal con objeto de mantener un crecimiento vigoroso son maneras importantes de reducir la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera (Prieto *et al.*, 2013).

En los ecosistemas actualmente están siendo afectados por factores indirectos que amenazan su existencia reflejándose en la degradación de sus características ecológicas y en consecuencia en la disminución de la prestación de los servicios. Los generadores directos de degradación y pérdida incluyen los cambios de uso en el uso del suelo, el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, de infraestructura como carreteras, la explotación petrolera, la extracción de agua, la eutrofización y la contaminación. La agricultura, sobre todo a gran escala, se ha convertido en una amenaza de la biodiversidad. La expansión desmedida e irresponsable de las áreas de cultivo

ha provocado la pérdida de miles de hectáreas de bosques y atentado contra la diversidad biológica que se concentra abundantemente en estos territorios (Almenteras y Rodríguez, 2014).

Pero, ¿Cómo darle importancia a dichos impactos y a las consecuencias de su ocurrencia en los ecosistemas? Los economistas ambientales han propuesto el enfoque del “medio ambiente como un activo natural”, y como tal se propone valorarlo económicamente para poder ser asignado a los mejores usos para la sociedad. La valoración de estos servicios puede ser una herramienta eficaz para considerar a los ecosistemas amazónicos como sistemas económicamente productivos, a la par con otros posibles usos del suelo, recursos y fondos, y por su valor resaltar la importancia de conservarlos, proporciona una base analítica ya que considera los pro y los contra, y permite tomar decisiones de manejo que más apoyen la aspiración y el bienestar de la gente. El entendimiento de la interacción del ecosistema amazónico y bienestar humano es indispensable para pensar y proponer medidas de manejo que encaminen hacia la preservación y sostenibilidad de dichos ecosistemas, de los recursos hídricos y de la calidad de vida de las comunidades (Guevara, Álvarez, Braña, Tovar, 2003).

En la región amazónica ecuatoriana el aumento de la conversión de tala indiscriminada del bosque por extensas áreas de cultivo han afectado significativamente al deterioro de suelo en sus propiedades químicas, físicas y biológicas (Bravo et al., 2017). Dado que los suelos del ecosistema tropical contienen un alto porcentaje de hierro y aluminio y al exponerse a la acción del sol y el aire se endurece, y la poca tierra fértil que le queda es arrasada por las altas precipitaciones que existe en esta zona, provocando así que el suelo no suministre nutrientes para el crecimiento del cultivo (Martín, 2009).

Otro tema que es de mucho interés en la Amazónica ecuatoriana es la ferralitización que se viene dado por el incremento de las altas precipitaciones que existe en esta zona, ha contribuido a la lixiviación de las bases intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} , K^{+1}) y del sílice (Martínez et al, 2008). Todo esto, induce a un predominio de minerales poco alterables y de arcillas simples como el cuarzo, caolinita, halloysita, gibsitita y óxidos de hierro, confiriéndoles ciertas características morfológicas y el descenso de los parámetros químicos, principalmente el pH. Este antecedente es de vital importancia ya que nos ayudara a entender la influencia que puede ocasionar el cambio de uso del suelo sobre la fertilidad cuando existe una transformación de un ecosistema natural a sistema de cultivo o ganadero (Bravo et al., 2015).

1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La Amazonía es la región con mayores contrastes en el mundo, su inmensa diversidad biológica y cultural permite afirmar que es el ecosistema más cautivante y complejo del planeta. Por su riqueza de flora y fauna que posee en sus densos bosques naturales. Hoy en día, la calidad de vida y las necesidades van cambiando y evolucionando simultáneamente con el planeta. Estas necesidades de la población provocan que cada vez se necesite más territorio en el cual puedan desarrollar las actividades económicas que sustentan a su familia. En este caso, en Ecuador, actividades como la agricultura o la ganadería necesitan de más territorio, provocando así la tala de bosque de la amazonia ecuatoriana en muchas de sus zonas. A nivel de la región amazónica ecuatoriana el aumento de tala indiscriminada del bosque y su conversión a extensas áreas de cultivo han afectado significativamente los servicios ecosistémico de la vegetación así del recurso suelo por un deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los bosques tropicales ofrecen servicios de suministro fundamentales que pueden beneficiar generalmente a los propietarios del bosque o las comunidades que los manejan. La gran diversidad de plantas, animales y microorganismos que albergan estos bosques ofrece una gama enorme de alimentos, fuentes energéticas, materiales de construcción, medicinas, especies ornamentales, entre otros. La importancia de la conservación de los recursos y en especial a biodiversidad puede explicarse a través de distintos planos (biológico, científico, social, cultural, económico, recreativo). Es un hecho que a sectores y grupos de personas puede importarles en mayor o menor medida el estado del medio ambiente. Lo cierto es que son varios los motivos por los cuales debemos aceptar que es relevante la conservación de la biodiversidad (Armenteras y Rodríguez, 2014).

La conservación de la biodiversidad es un interés común de toda la humanidad y tiene una importancia crítica para satisfacer sus necesidades básicas. La humanidad en algunos casos es consciente respecto al valor intrínseco de la diversidad biológica y de los valores ecológicos, genéticos, sociales, económicos, científicos, educativos, culturales, recreativos y estéticos de la diversidad biológica y sus componentes.

La conservación y el uso sostenible de los recursos son importantes para el desarrollo socioeconómico de la sociedad permiten avanzar hacia un modelo de economía verde y un desarrollo que minimice el impacto de las actividades humanas. Además, que reconozca el valor y la relevancia que tienen los servicios de los ecosistemas para el desarrollo y el bienestar. Pueden mencionarse las certificaciones internacionales que avalan ciertos productos (por ejemplo: agrícolas), puesto que proviene de fuentes gestionadas de modo sustentable (Guevara, Álvarez, Braña, Tovar, 2003).

Para la ciencia, los ambientes naturales constituyen fuentes de estudio permanente así como también de material genético. Los bosques densos que posee nuestra amazonia ecuatoriana son atractivos para muchos científicos, ya que en sus maravillosas especies tanto de flora y fauna se pueden encontrar diversos medicamentos que pueden servir para curar infinitas enfermedades que se presentan a diario en la actualidad.

Todos los servicios que pueden prestar los bosques húmedos tropicales, suelen ser impactados por su deforestación y un cambio de uso de la tierra hacia sistemas agrícolas y pecuarios ya que se afectan algunos servicios asociados a sus recursos como el secuestro de carbono, la fertilidad, la disponibilidad de agua entre otros. No obstante, el suministro de los servicios ecosistémico de los sistemas de producción agrícola va a depender del manejo o gestión del agroecosistema. La magnitud de las consecuencias del manejo depende de la intensidad, frecuencia, magnitud y duración de las distintas actividades. En base a ellos, aquellos sistemas agrícolas donde se combine la actividad productiva con buenas prácticas y arreglos que protejan al suelo con cobertura, siembra en curvas de nivel, adecuado manejo de plagas, rotaciones de cultivo tendrán un mayor nivel de producción de alimentos, conservaran el suelo, aprovecharan el agua de lluvia que su conjunto podrán seguir proveyendo de servicio ecosistémico. Por el contrario, los sistemas inadecuadamente manejados serán menos productivos y se producirá un acelerado deterioro del recurso suelo afectando la calidad del mismo (Guevara, Álvarez, Braña, Tovar, 2003).

Un sistema agrícola bien gestionado no solo proporciona alimentos, sino que brinda otros varios beneficios. Los servicios de polinización, control de inundaciones y control de la erosión son ejemplos de servicios prestados por un sistema agrícola correctamente gestionado. Al respetar y proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos mejora la seguridad alimentaria a largo

plazo. Mantener los ecosistemas sanos es la mejor forma de garantizar que la agricultura sea productiva y los alimentos, nutritivos.

Especialmente relevante son los beneficios que otorga el medio ambiente a nivel recreativo y estético. Espacios rodeados de naturaleza son elegidos tanto para vacaciones como para alejarse de problemas cotidianos.

Los pagos por servicios ambientales son políticas que se han implementado en muchos gobiernos municipales como por ejemplo en el Cantón Chaco perteneciente a la Provincia de Napo, siendo este un método que nos permite conservar nuestros densos bosques y ecosistemas, y proporciona un desarrollo económico y social a los propietarios de las extensas hectáreas de bosque.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cómo afecta la conversión de bosque a sistema de producción con papachina a las propiedades físicas y químicas del recurso suelo?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar los servicios ecosistémicos del recurso suelo en el sistema de producción con papachina (*Colocasia esculenta*) y el Bosque, de la localidad Cajabamba 2, provincia de Pastaza, Amazonia Ecuatoriana.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los principales servicios ecosistémicos que proveen los sistemas de producción con papachina y bosque primario de la comunidad Cajabamba 2.
- Determinar propiedades físicas y químicas del suelo en sistemas de producción con papachina y bosque que sirvan para la valoración de los servicios ecosistémicos en la comunidad Cajabamba 2.
- Valorar los servicios ecosistémicos asociados al recurso suelo en el bosque aledaño y en los sistemas de producción con papachina.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

La parroquia San José está ubicada en el sur del cantón Santa Clara. Con una extensión de 6.919 hectáreas, representan el 23% del cantón. Limita al norte con la cabecera cantonal Santa Clara, Al sur y al oeste con el cantón Pastaza y al este con el cantón Arajuno. Cuenta con una población de 804 habitantes. Además muestra índices de crecimiento poblacional de 35% es decir en cada cinco años la población aumenta en 150 personas. Existen 5 comunidades las cuales son Cajabamba 1, Cajabamba 2, Ceslao Marín, Samasunchi y San Vicente (Lozada, 2015).

El aire en la parroquia San José se ve afectado por la presencia de granjas avícolas que emanan desagradables olores por el mal manejo de los desechos sólidos y líquidos de los mismos. La flora más representativa dentro de la parroquia se divide en: especies herbáceas, especies arbustivas, árboles, epifitas, lianas, trepadoras, especies maderables. Se tiene identificadas plantas que se pueden emplear para la reforestación, tales como: *Caryodendron orinocense* (maní de monte), *Cedrela odorata* (cedro), *Cordia alliodora* (Laurel), *Croton lechleri* (sangre de drago), *Ficus máxima* (higuerón), *Genipa americana* (jagua), *Gustavia macarenensis* (aguacate de monte), *Psidium guajaba* (guayaba) y *Trema integerrima* (veraquillo) La fauna representativa en la parroquia está compuesta por: invertebrados, anfibios, reptiles, aves, mamíferos y peces. Los cuales se desarrollan progresivamente dada las condiciones climáticas y abundante producción de alimento en los bosques naturales (Lozada, 2015).

En la parroquia San José; del 100% de la población, el 66 % se auto identifican mestizos, mientras el 33% se auto identifican indígenas y el 1% dicen ser blancos. En la comunidad de Cajabamba 2, el 10% se auto identifican como mestizos, 4% como indígenas y el 1% como blancos, lo cual representa que 78 son mestizas, 34 indígenas y 4 blancas, dando un total de 116 habitantes. En este sector se encuentran 2 nacionalidades: Kichwas y Shuar, de las cuales el 11 % se auto identifican como Kichwas y el 2% como Shuar (Lozada, 2015).

En la parroquia San José, existe cuatro escuelas: Galo Plaza Lasso se encuentra en la comunidad de Cajabamba 2 y cuenta con 8 alumnos, Eloy Alfaro está ubicada en la comunidad de Samasunchi y posee 10 estudiantes, Gabriel Garcia Moreno se localiza en la comunidad de San

Vicente y se registran 17 alumnos y Jhon F. Kennedy está ubicada en la cabecera parroquia, la escuela cuenta con 58 estudiantes y con tres maestros, pero las otras tres escuelas son unidocentes por el mínimo de alumnos que posee (Lozada, 2015).

Según Lozada (2015) informa que en la Parroquia San José, el 44% de los niños son más vulnerables a cualquier enfermedad, seguido de adultos mayores con el 23% y los adultos con el 21%, pero los adolescentes son menos afectados.

Se determina que la población es afectada mayormente por las siguientes enfermedades: la gripe y la tos causadas por la variación del clima; enfermedades gastrointestinales, causadas por los malos hábitos de consumo y baja calidad de agua; hongos a la piel causados por el uso de aguas sin tratamiento y el ambiente en el que desarrollan sus actividades (Lozada, 2015).

las actividades que mayor preponderancia tiene el sector primario de la economía de San José, se destaca la agricultura con su producto emblema la papa china, que se comercializa permanentemente; seguida de la caña, yuca, plátano, pollos, chanchos y peces como alternativas complementarias para el mercado y el autoconsumo en un 81% . Las principales actividades agrícolas; el cultivo de papachina alcanza el 41%, la caña con el 21%, el plátano el 18%, la yuca el 16%, la naranjilla el 3% y el té 1% .Existen doce organizaciones de productores agropecuarios, turísticos y sociales en la parroquia San José, los mismos que se han organizado con la finalidad de obtener el apoyo a través de proyectos de las diferentes instituciones públicas y privadas. En el sector de Cajabamba 2 se encuentra la asociación de productores Alli Tarpuk destinada a la compra-venta de papachina, con el fin de ofrecer al mercado local. En el sector de Cajabamba 2 también existen cascadas, las mismas que se encuentran ubicadas dentro de un predio privado, el cual están destinado a la conservación y preservación de flora y fauna endémica. La misma aún no ha sido promocionada por los gobiernos seccionales de la provincia, cuyo potencial turístico muestra un gran valor, para el desarrollo y adelanto de la comunidad (Lozada, 2015).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CON PAPACHINCA EN LA ZONA DE CAJABAMBA

La mejor forma de cultivar la papachina es hacerlo a través del tubérculo mismo (papachina) y no por semillas (Caicedo, 2015). Para plantar la papachina es necesario un surco de 13 cm de profundidad, se agrega algo de estiércol o compost y se coloca el tubérculo con la mayor cantidad de brotes hacia arriba espaciadas por 30 cm. Luego se le suministra una cantidad de tierra que varía entre 8 a 10 cm. El próximo surco es sembrado a 60 cm (Caicedo, 2015).

Al cultivo de la papachina le gusta abundante sol pero hay que tener cuidado de no exagerar con la alta temperatura dado que el exceso de calor puede afectar el desarrollo de la planta. La presencia de humedad es imprescindible, por lo cual, hay que regarlas, dependiendo del clima, alrededor de 3 veces por semana, sin embargo, en condiciones amazónicas por la alta precipitación no se requiere riego. Cuando éstas florecen requieren de más agua, por lo cual se recomienda aumentar el riego en este período (Caicedo, 2015).

La idea principal y que no se aleja con las teorías de otras culturas es la de labrar y escudriñar el terreno y formar una especie de caminos para plantar la semilla. La siembra se hace en atajaderos cuando la cosecha es semi mecanizada. Las porciones del cormo se colocan de 6-7 cm de profundidad, pues más cerca de la superficie producen numerosos brotes laterales, que disminuyen el rendimiento. La distancia de siembra en cultivos comerciales es de “1,30 m entre hileras y 40-50 cm entre plantas (Caicedo, 2015).

Los primeros seis meses son claves en cuanto al cuidado de la plantación, ya que en el cultivo se le da un control intenso de las malezas que sucede en la etapa de la preparación del terreno para la siembra (arada y rastrillado), ayudan considerablemente al control de las malas hierbas, que se refuerza con la aplicación de herbicidas de preemergencia. Como las plantas necesitan varios apoques, éstos contribuyen a mantener el terreno limpio (Ararat, Sinisterra y Hernández, 2014).

En regiones muy lluviosas, el dejar el suelo libre de vegetación y expuestos al impacto de la gota de lluvia, provocará problemas a la estructura del suelo. En tales situaciones es recomendable iniciar las labores de preparación de éste a salidas de invierno, pero previo a la

aradura es conveniente usar un herbicida sistémico total (ejemplo Glifosato), para una rápida descomposición y evitar problemas de malezas (Ararat, Sinisterra y Hernández, 2014).

2.2.2. DENSIDAD DE PLANTACIÓN

En demostraciones de ensayos realizados en Brasil, India y Hawai, se encontró que en espacios menores aumentan el rendimiento de cormos y de retoño por hectárea; pero, disminuye el rendimiento de cormos por planta. Sobre este mismo punto los rendimientos altos por hectárea se logran aún si el espacio se disminuye a 30 cm. x 30 cm.; 109000 plantas / ha, lográndose una cantidad importante de material de siembra; pero el retorno neto por unidad de material de siembra es bajo. Como punto medio se recomienda espacios de 60 cm x 60 cm, que es recomendado para Fiji (Lozada, 2015).

En el occidente de África los espacios son de 1 m x 1 m, o aún más ancho. De hecho, la mayoría del cultivos de taro o papachina alrededor del mundo emplean espacios demasiado anchos (bajas densidades); 5 000 plantas / ha, y los rendimientos son más bajos. La incidencia de malas hierbas en el campo disminuye cuando las distancias de siembra son menores (Lozada, 2015).

La plantación en el sector Cajabamba se realiza a una profundidad entre 10 a 15 cm, se tapa la semilla con 6 a 8 cm de tierra y se realiza un riego antes de la plantación con el fin de garantizar un nivel de humedad uniforme en toda el área. Con respecto a la distancia entre plantas es de 60 cm x 60 cm y la distancia entre surcos es de 40 a 45 cm. Una vez efectuada la plantación se realizan dos aporques, uno a los 60-70 días, con el fin de tapar la gallinaza (abono orgánico) y otro a los 80 -90 días para evitar lo más posible el ahijamiento. Por último la cosecha se ejecuta a los 5 a 6 meses (Lozada, 2015).

2.2.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE PAPACHINA EN CAJABAMBA

El cultivo de papachina en el sector de Cajabamba 2 viene siendo el sustento económico de muchas familias, para satisfacer necesidades como por ejemplo alimentación, vestimenta, servicios básicos y en algunos casos para que muchos jóvenes y niños de la comunidad puedan prepararse en las escuelas y universidades. Con respecto al precio del quintal de papachina varia muchas veces de acuerdo a la temporada en que se encuentre, este puede ser de 22 dólares en temporadas buenas y de 10 dólares en temporadas pésimas (Lozada, 2015).

2.2.4. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio define los “servicios ecosistémicos” como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Se consideran beneficios directos: la producción de provisiones agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos y espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales). Existe, entonces, una amplia gama de servicios ecosistémicos, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta (Caro y Torres, 2015).

2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

2.2.5.1. DE SOPORTE: son los procesos ecosistémicos, y estructuras, que son necesarias para que sea posible la generación de los otros servicios ecosistémicos (regulación, aprovisionamiento y culturales). La diferencia con los otros Servicios Ecosistémicos (SSEE) está en que los efectos a las personas son indirectos o su ocurrencia es en espacios de tiempo muy amplios de aprovisionamiento (Ver figura 1) (Aguilera, 2014).

2.2.5.2. DE PROVISIÓN: son los productos obtenidos de los ecosistemas como alimentos, agua limpia, combustibles, madera, fibra, recursos genéticos, medicinas naturales y otros (Ver figura 1) (Aguilera, 2014).

2.2.5.3. DE REGULACIÓN: son los beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ecosistémicos. Aquí se incluyen la calidad del aire, regulación climática e hídrica (inundaciones), control de erosión, mitigación de riesgos, regulación de la frecuencia y

magnitud de enfermedades, control biológico, tratamiento de desechos (por la filtración y descomposición de desechos orgánicos) y polinización (Ver figura 1) (Aguilera, 2014).

2.2.5.4. CULTURALES: Son beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas por medio del enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, recreación. Estos están fuertemente ligados con los valores humanos y el comportamiento, por lo que las percepciones de estos servicios difieren entre individuos y comunidades (Ver figura 1) (Aguilera, 2014).



Figura 1. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos.

Fuente: Traducido de Millennium Ecosystem Assessment. (2005)

2.2.6. SERVICIOS ECOSISTÉMICO Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En todo el mundo, los ecosistemas agrícolas muestran una gran variación en la estructura y la función, ya que fueron diseñados por diversas culturas bajo diversas condiciones socioeconómicas en diversas regiones climáticas (Gliessman, 2007). Los agroecosistemas en funcionamiento incluyen, entre otros, monocultivos de cultivos anuales, huertos perennes templados, sistemas de pastoreo, sistemas de pastoreo en tierras áridas, sistemas de cultivo de desplazamiento tropical, sistemas de cultivo mixto de pequeños agricultores, sistemas de arroz con cáscara, plantaciones tropicales (por ejemplo, palma de aceite, café, cacao), sistemas agroforestales y huertos familiares ricos en especies (Power, 2010).

En este contexto, los ecosistemas agrícolas proporcionan a los seres humanos alimentos, forrajes, bioenergía y productos farmacéuticos y son esenciales para el bienestar humano. Estos sistemas se basan en los servicios ecosistémicos proporcionados por los ecosistemas naturales, que incluyen la polinización, el control biológico de plagas, el mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo, el ciclo de nutrientes y los servicios hidrológicos (Power, 2010).

Los agroecosistemas también producen una variedad de servicios ecosistémicos, como la regulación de la calidad del suelo y del agua, el secuestro de carbono, el apoyo a la biodiversidad y los servicios culturales. Dependiendo de las prácticas de manejo, la agricultura también puede ser fuente de numerosos deservicios, entre los que se incluyen la pérdida del hábitat de la vida silvestre, la escorrentía de nutrientes, la sedimentación de las vías fluviales, las emisiones de gases de efecto invernadero y la intoxicación por plaguicidas en humanos (Zhang *et al.*, 2007).

Desde la visión sistémica, los agroecosistemas están conformado por una serie de subcomponentes (Vegetación, animal, familia, hídrico, suelo entre otros) con entradas y salidas y donde se establecen una serie de relaciones funcionales que influyen en su desempeño o funcionamiento (Gliessman, 2007). El suelo como parte o subcomponente de dichos agroecosistemas a menudo no se les reconoce su importancia. En este contexto, los suelos son ecosistemas complejos y dinámicos que sostienen los procesos físicos y las transformaciones químicas que son vitales para la vida terrestre, lo que hace que la salud del suelo y su biodiversidad sea de vital importancia para los humanos (Adhikari y Hartermink, 2016).

La producción de biomasa a su vez es la base de las actividades económicas en diversos agroecosistemas, por ejemplo, la agricultura y la silvicultura. En efecto, la importancia de los suelos en los sistemas de producción de alimentos humanos se demuestra por el hecho de que más del 99% de todos los alimentos (calorías) consumidos por los humanos provienen de ecosistemas terrestres (Palm *et al.*, 2007; Power, 2010).

Los servicios del ecosistema del suelo dependen de las propiedades del suelo y su interacción, y están principalmente influenciados por su uso y manejo. Deslizamientos, erosión, la disminución del carbono del suelo y la biodiversidad conducen a la degradación del suelo que es un serio desafío global para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los ecosistemas (Godfray *et al.*, 2010).

2.2.7. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

Estos métodos se basan en las relaciones establecidas en las funciones, procesos, bienes o servicios que pueden ser valorados y mercantilizados, ya que trabaja con el análisis de mercados existentes. En esta metodología se aplican los métodos de coste que asigna al bien ambiental un valor equivalente a la sumatoria de los gastos que, en promedio, incurren los visitantes por ir al lugar (Aguilera, 2014).

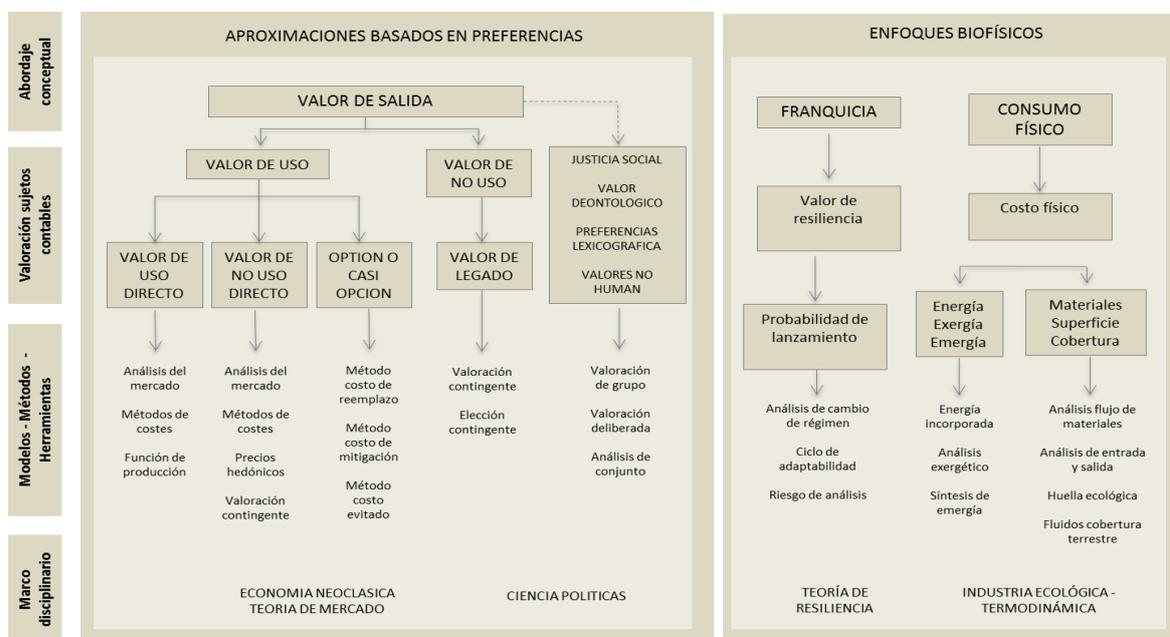


Figura 2. Recopilación de métodos utilizados para la Valoración de Servicios Ecosistémicos, según TEEB.

Fuente: Traducido de TEEB Chartre 5. The economics of valúan ecosystem services and biodiversity. (2015)

Los métodos de precios hedónicos parten de la base que el bien o servicio ecosistémico puede satisfacer varias necesidades humanas simultáneamente, estableciendo “que la utilidad del consumidor es una función de las cantidades de todos los bienes consumidos y también de los niveles de los atributos o características con que cuentan estos bienes” y los métodos de “gastos compensatorios o contingente” se basan en “sumar los gastos en los cuales se incurre para evitar la destrucción o daño del bien ambiental considerado, o cuando el daño ya fue causado, para su reparación” (Aguilera, 2014).

Por su parte el valor de uso directo (método directo), opera incluyendo la totalidad de los beneficios que producen los recursos y servicios ecosistémicos en una simulación de mercado hipotético donde se pueden adquirir o tratarse los derechos de los beneficios. Los usos directos de la vegetación urbana que dan origen a estos valores pueden corresponder a bienes (huertos urbanos con frutas, vegetales o semillas, árboles, arbustos, entre otros) o servicios (recreación, alimentación, negocios, educación, investigación, entre otras) (Aguilera, 2014).

2.2.8. SUELO COMO RECURSO NATURAL.

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (Inzua y Argandoña, 2015).

2.2.9. FUNCIONES O SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SUELO.

Los suelos, como parte de los ecosistemas y de los agroecosistemas, prestan importantes funciones o servicios que mantienen a estos y que apoyan las actividades sociales y económicas de las personas, entre algunos se pueden nombrar los siguientes (Gardi *et al.*, 2014).

2.2.9.1. PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y BIOMASA.

Tal vez, la más evidente de las funciones del suelo es el soporte y suministro de nutrientes para las plantas a fin de producir alimentos y biomasa en general. Caben dos observaciones. Primera, que del suelo depende en forma directa o indirecta más del 95% de la producción mundial de alimentos. Segunda, que la degradación del suelo es un problema mayor que amenaza la producción de alimentos en el planeta (Inzua y Argandoña, 2015).

2.2.9.2. ESCENARIO INDISPENSABLE PARA LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

Los ciclos biogeoquímicos que ocurren en la naturaleza, son mecanismos indispensables para que haya condiciones estables en la Tierra y para que se dé la vida. Estos ciclos que involucran elementos como carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros. Son vitales y el suelo tiene una posición central e insustituible en los mismos. Sin estos ciclos no se daría el paso continuo de los elementos químicos de los sistemas vivos del planeta a otros que no lo son (Inzua y Argandoña, 2015).

2.2.9.3. ALMACENAMIENTO O FIJACIÓN DE CARBONO.

Por la importancia que tiene el carbono y dadas las circunstancias mundiales actuales del cambio climático, surge como una función aparte del suelo, aquella que se relaciona con el carbono. El suelo es el mayor sumidero de carbono en la naturaleza. La fijación del carbono por el suelo llamado “secuestro de carbono” o “captura de carbono”- impide que el CO₂ vaya a la atmósfera, siendo que este es uno de los gases de efecto invernadero que propician el cambio climático. Con la intermediación de las plantas y la participación de los organismos del suelo, el carbono se transforma en materia orgánica que se acumula en el suelo por amplios periodos de tiempo. Este carbono almacenado en el planeta en el primer metro de suelo, se sabe, es una y media veces superior al acumulado en la vegetación (Burbano, 2016).

2.2.9.4. ALMACENAMIENTO Y FILTRACIÓN DE AGUA.

El suelo capta, infiltra y almacena el agua en el ámbito del ciclo hidrológico y permite así la recarga de los acuíferos. En estas circunstancias, el suelo influye en la calidad del agua, ya que amortigua y atrapa ciertos contaminantes e impide que lleguen a las reservas de agua. El suelo, en estas circunstancias tiende a modular indirectamente la temperatura y la humedad, y por ello puede incidir en la mejora del aire (Burbano, 2016).

2.2.9.5. SOPORTE DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS Y FUENTE DE MATERIAS PRIMAS.

Sobre el suelo se realizan actividades industriales, se habilitan zonas residenciales y de infraestructura turística, se construyen carreteras y otras obras civiles. También, el suelo suministra materias primas como turba, grava, arena, arcilla o rocas, utilizadas en varios procesos productivos (Burbano, 2016).

2.2.9.6. RESERVA DE BIODIVERSIDAD.

El suelo es una de las reservas más importantes de biodiversidad, por el enorme número de organismos que viven en su superficie y al interior del mismo; la abundancia es tal, que se cree, supera la establecida por encima de este cuerpo natural. Vale subrayar, que los servicios ecosistémicos que presta el suelo, dependen de las complejas comunidades de organismos presentes en este medio (Burbano, 2016).

2.2.9.7. DEPÓSITO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO.

Gran parte de los restos que dan cuenta de la herencia humana y de la historia ambiental reciente de la Tierra, se hallan en el suelo. La preservación del patrimonio geológico y arqueológico va a depender de los procesos de formación y degradación del suelo y va a estar muy relacionada, por ejemplo, con los efectos de la actividad biológica y la circulación del agua que ocurre en él, además de las acciones humanas de intervención en el suelo (Burbano, 2016).

2.2.9.8. ENTORNO FÍSICO Y CULTURAL PARA LA HUMANIDAD.

El suelo sirve de base a las actividades humanas y es asimismo, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural. El suelo permite que los seres humanos tengan a su disposición alimentos, abrigo, espacio y hábitat para soñar y realizarse como personas en ascenso, y de muchos otros elementos para su existencia (Burbano, 2016).

CAPITULO III.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN:

El estudio se realizó en la comunidad de Cajabamba, localizada en la parroquia San José, Cantón Santa Clara (Figura 3), la cual ha sido clasificada como Bosque Húmedo Tropical, con una precipitación promedio de 2000-3000 milímetros, distribuidos uniformemente durante todo el año, alta humedad relativa alrededor de 85 % y temperaturas promedios anuales de 24-25 °C (Uvidia et al., 2015).

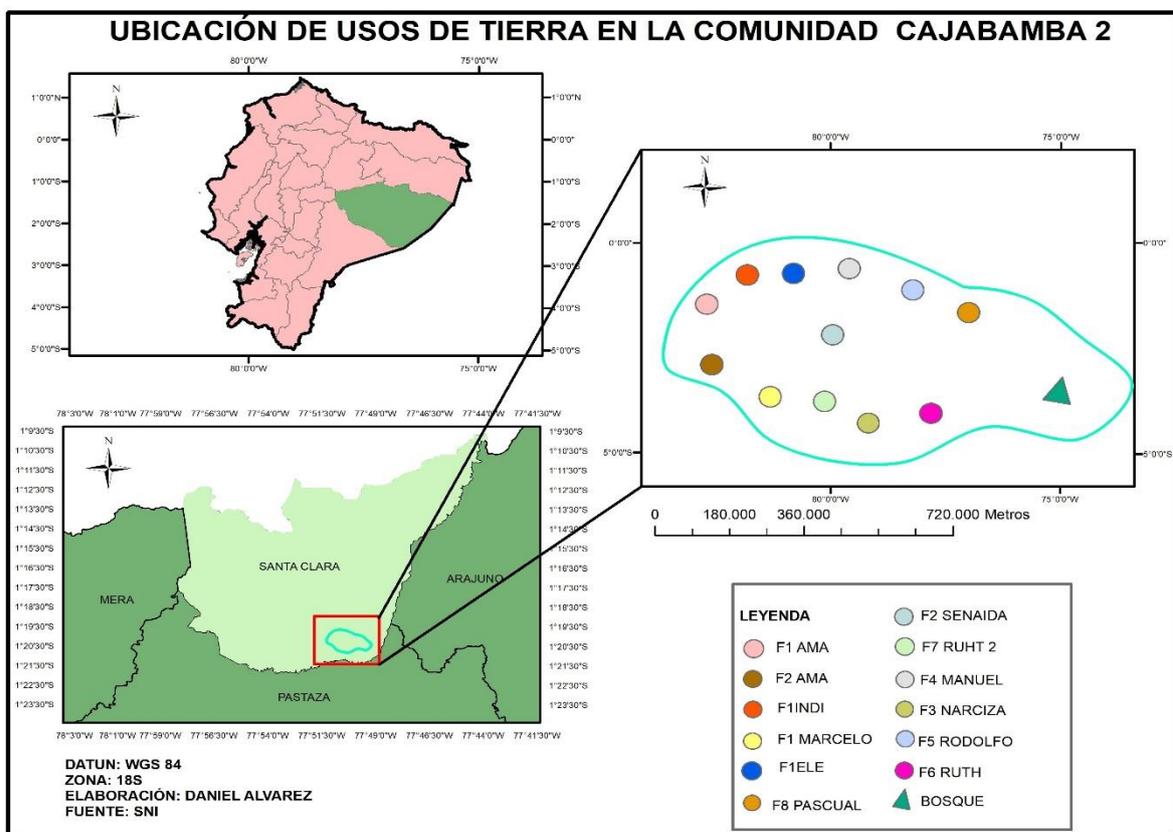


Figura 3. Ubicación relativa del área de estudio, Parroquia San José, sector Cajabamba 2, Santa Clara, Ecuador.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

Se seleccionó un conjunto de fincas (12) manejada con el cultivo de la papachina (*Colocasia esculenta*), en la cual se determinó una serie de propiedades del recurso suelo asociada a servicios ecosistémicos la cual se comparó con el bosque de la zona.

Para la evaluación de los servicios ecosistémicos, como primer paso se aplicó una encuesta para pulsar percepción o visión que tiene los agricultores de la comunidad sobre los servicios

ecosistémicos del recurso suelo relacionados con el bosque y el sistema de producción con papachina como se benefician y como lo valoran (Bravo *et al.*, 2017).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a las líneas base el proyecto se enmarca en la Gestión y conservación Ambiental. Con dos tipos de investigación, la descriptiva ya que se evaluó y describió las distintas propiedades del suelo: físicas (densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total y macroporosidad) químicas (pH, acidez, aluminio, disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total (COT), y se comparó en función del uso del suelo, y exploratoria ya que se obtuvo información base sobre la fertilidad y secuestro de carbono como servicio ecosistémico del recurso suelo, valoración y mitigación al cambio climático (Bravo *et al.*, 2017).

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El estudio siguió un método de investigación experimental en dos fases, la primera a nivel de campo donde se realizó el muestreo de suelo en el uso con papachina y bosque como sistema de referencia. A partir de las muestras en campo se procedió con los análisis de laboratorio para la determinación de variables físicas y químicas (Bravo *et al.*, 2017).

3.4. EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO

3.4.1. MUESTREO DE SUELO Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS

En cada uso de suelo se procedió a establecer una transecta sobre la cual se estableció los puntos de muestreos de manera equidistante para cubrir toda el área. En cada sistema seleccionado se recolectó 5 muestras a una profundidad de 0-20 cm para la posterior determinación de las propiedades químicas asociadas a la fertilidad (Bravo *et al.*, 2017).

3.4.2 ANÁLISIS FÍSICOS

Para la determinación de parámetros físicos del suelo se usó muestras no alteradas con cilindros de 5 cm de altura x 5 cm de diámetro recolectados con un toma de muestra tipo Uhland, en los cuales se midió las siguientes variables: a) densidad aparente (Da) usando el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986) b) conductividad hidráulica saturada (Ksat) mediante el método de carga variable, siguiendo el método descrito en Pla (2010), c) distribución de tamaño de poros (Pt: porosidad total), d) porosidad de aireación (Pa:

poros de radio $>15 \mu\text{m}$), e) porosidad de retención usando la mesa de tensión a saturación y a un potencial mátrico de -10 kPa (Blake & Hartge, 1986).

3.4.3. ANÁLISIS QUÍMICOS

Para medir el pH se usó el método potenciométrico (relación suelo-agua 1:2,5), las bases cambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{1+}) y contenido de fósforo se midió por la metodología de Olsen modificado (Bertsh, 1995). El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante el método de calcinación o pérdida por ignición (Schulte & Hopkins, 1996), que cuantifica directamente el contenido de MO y se basa en determinación de la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas. El método incluye un pretratamiento de secado a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 h y luego 2 h de ignición a $360 \text{ }^\circ\text{C}$ (Eyherabide *et al.*, 2014).

3.4.4 POTENCIAL SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO

Según Bravo *et al.* (2017) señala que el potencial de secuestro de carbono en el suelo se estimó mediante las variables densidad aparente (Mg m^{-3}), el valor del carbono y la profundidad de cada intervalo de muestreo.

3.4.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE FERTILIDAD DEL SUELO Y CO_2 EQUI COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO BAJO DISTINTOS USOS DE LA TIERRA

La valoración de los servicios ecosistémicos se realizó usando los métodos de valoración de uso directo e indirecto, lo cual nos permitió obtener el valor económico total (VET) (Hanley *et al.*, 2006). En el caso de los componentes asociados a la fertilidad (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio) se usó como método el de precio de mercado que estima el valor económico de un bien o servicio ecosistémico que se vende en el mercado, por tanto el costo de los fertilizantes simples como insumo agrícola que se usa en el manejo del cultivo permitirán derivar el precio de cada nutriente.

El caso del carbono su valoración se realizó en función del método basado en el costo, se basan en los costos reales asociados con el costo evitado, el costo del daño o el costo de reposición. Dicho método implica estimar el valor de servicio ecosistémico (SE) en función de los costos de evitar daños debido a la pérdida de servicios, el costo incurrido debido a daños a los SE, o el costo de reemplazar SE al proporcionar servicios sustitutos (Kumar y

Kumar., 2008). En la práctica, los métodos basados en los costos se aplican de forma más adecuada cuando se valoran los servicios de apoyo y regulación. Para ello, la cantidad de carbono almacenado se convertirá el CO₂ equi cuyo valor es comercializado como bonos de carbono (1 bono de carbono es el equivalente a 1 tonelada de CO₂) y cuyo precio es variable.

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la toma de muestras de suelo en campo se siguió la metodología de muestreo sistemático para el estudio del recurso suelo. Para la determinación de los parámetros físicos y químicos, se usó metodología de laboratorio y se cuantificó las variables físicas y químicas ya descrita.

Dichas variables son analizadas en función de la profundidad usando el programa IBM SPSS Statistics. Como primer paso se realizó un análisis del conjunto de datos usando estadística descriptiva (valores medios, desviación estándar, máximo y mínimos, coeficiente de variación). Posteriormente se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para evaluar las diferencias significativas a un nivel de $P < 0,05$ entre los distintos tipos usos y el bosque y finalmente la prueba de medias usando comparaciones múltiples de Tukey al 0,05% (Bravo *et al.*, 2017).

3.6. RECURSOS HUMANOS

Tabla 1. Recurso humano que colaboró en el proyecto de investigación.

Recursos Humanos		
Nombre y Apellidos	Profesión	Cargo
Jorge Alba	Docente	Equipo en la toma de muestras de suelo en el sistema de producción con papachina y bosque del sector Cajabamba 2.
Daniel Paguay	Ing. Ambiental	
Laura Mosquera	Ing. Agropecuaria	
Thony Huera	Estudiante	
Richard Barroso	Estudiante	
Daysi Changoluisa	Ing. Agrónoma	Encargada del laboratorio de suelos de la UEA.
Carlos Bravo	PhD	Tutor del proyecto de grado.
Daniel Alvarez	Estudiante	Autor del proyecto de grado.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

3.7. MATERIALES

3.7.1. MATERIALES PARA EL TRABAJO DE CAMPO:

- ❖ Libreta
- ❖ Esfero
- ❖ Mochila
- ❖ Machete
- ❖ Poncho de agua o sombrilla

3.7.2. MATERIALES PARA EL MUESTREO:

- ❖ GPS
- ❖ Pala
- ❖ Funda plástica quintalera (muestra compuesta)
- ❖ Fundas plásticas (hojarasca)
- ❖ Funda hermética plástica (Suelo)
- ❖ Metro
- ❖ Flexómetro
- ❖ Cilindros de 5 cm de altura x 5 cm
- ❖ Toma muestra tipo Uhland
- ❖ Cuadrata (0,5 m x 0,5 m)

3.7.3.MATERIALES DE LABORATORIO:

- ❖ Balanza analítica
- ❖ Funda de papel
- ❖ Estufa

3.7.4.REACTIVOS

- ❖ Cloruro de potasio (KCl)
- ❖ Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄).
- ❖ Olsen
- ❖ Catalizador
- ❖ Ácido bórico al 2%
- ❖ Indicador de Nitrógeno

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS ESPERADOS

4.1. PRINCIPALES SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE PAPACHINA Y BOSQUE

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la percepción de los propietarios de las Unidades de Producción Agropecuarias (UPAS) en el sector Cajabamba sobre los servicios ecosistémicos prestados tanto por el bosque como por los sistemas de producción con papachina. En general, los propietarios consideran que los bosques prestan una serie de servicios principalmente de abastecimiento relacionados con el suministro de agua, la producción natural de recursos alimentarios que consideran que es muy diverso, así como el suministro de especies que pueden ser usadas para fines medicinales. En cuanto a los servicios de regulación indican que en la medida que las tierras están protegidas por la vegetación se minimiza el riesgo de erosión, se conservan las especies del bosque y por lo tanto se logra mantener mayor biomasa y por ende mayor carbono almacenado que actúa como regulador del cambio climático. La Estructura y Fertilidad del suelo representan servicios de soporte que el suelo puede proporcionar (Power, 2010). En este sentido, cuando se entrevistaron a los propietarios se explicó el significado de ambos atributos y su importancia para el establecimiento y desarrollo del cultivo de papachina. En base a ello se interpretó que en los sistemas de producción con papachina se viene aplicando de manera sistemática grandes cantidades de abono orgánico, usando como fuente la gallinaza que según los resultados de parámetros físicos y químicos de los suelos en las distintas fincas han logrado mejorar el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes principalmente el Nitrógeno y el Fósforo (P). También, esta materia orgánica mantiene y mejora los índices estructurales como la densidad aparente, la conductividad hidráulica saturada, la porosidad del suelo y su distribución que favorecen la penetración de raíces y la infiltración, retención de agua en el suelo. En resumen tanto las adecuadas condiciones estructurales como el mejoramiento en la concentración de nutrientes, con el cual mejora la productividad y desempeño del recurso suelo en la zona de Cajabamba 2.

Tabla 2. Servicios ecosistémicos identificados por los propietarios de los sistemas de producción con papachina y bosque, en el sector de Cajabamba 2.

Tipo de servicios				
USO DE TIERRAS	Abastecimiento: son los bienes y productos materiales que se obtienen de los ecosistemas (alimentos, fibras, madera, leña, agua, suelo, petróleo, gas).	Regulación: Beneficios resultantes de la (auto) regulación de los procesos ecosistémico (mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, purificación del agua).	Soporte: Servicios y procesos ecológicos necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémico (ciclo de nutrientes, formación de suelo y fotosíntesis).	Culturales: Beneficios o materiales obtenidos de los ecosistemas (enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, Recreación)
F1AMA	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimiento de agua de buena calidad Especies naturales de interés medicinal. Producción natural de recursos alimentarios 	<ul style="list-style-type: none"> Control de erosión Regulación Hídrica Depuración de aguas Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de nutrientes (fertilidad) Biodiversidad Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Turístico Educativos Paisajísticos y estéticos Identidad cultural y sentido de pertenencia Religiosos y espirituales
F2AMA	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimiento de agua de buena calidad Producción natural de recursos alimentarios Abastecimiento de agua para distintos usos 	<ul style="list-style-type: none"> Control de erosión Regulación Hídrica 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de nutrientes (fertilidad) Biodiversidad Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Turístico Educativos Paisajísticos y estéticos Religiosos y espirituales
F1INDI	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimiento de agua de buena calidad Producción natural de recursos alimentarios Producción de materias primas biológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Depuración de aguas Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de nutrientes (fertilidad) Biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> Turístico Educativos Religiosos y espirituales
F1MARCE	<ul style="list-style-type: none"> Producción natural de recursos alimentarios Producción de materias primas biológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Control de erosión Regulación Hídrica Depuración de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de nutrientes (fertilidad) Biodiversidad Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Turístico Educativos Paisajísticos y estéticos Religiosos y espirituales

Tipo de servicios

USO DE TIERRAS	Abastecimiento: son los bienes y productos materiales que se obtienen de los ecosistemas (alimentos, fibras, madera, leña, agua, suelo, petróleo, gas).	Regulación: Beneficios resultantes de la (auto) regulación de los procesos ecosistémico (mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, purificación del agua).	Soporte: Servicios y procesos ecológicos necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémico (ciclo de nutrientes, formación de suelo y fotosíntesis).	Culturales: Beneficios o materiales obtenidos de los ecosistemas (enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, Recreación)
F1ELE	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Especies naturales de interés medicinal. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Identidad cultural y sentido de pertenencia
F2SENAI	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción natural de recursos alimentarios 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Identidad cultural y sentido de pertenencia
F3NARCI	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción natural de recursos alimentarios ● Producción de materias primas biológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos
F4MANU	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción de materias primas biológicas ● Especies naturales de interés medicinal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Religiosos y espirituales

Tipo de servicios

USO DE TIERRAS	Abastecimiento: son los bienes y productos materiales que se obtienen de los ecosistemas (alimentos, fibras, madera, leña, agua, suelo, petróleo, gas).	Regulación: Beneficios resultantes de la (auto) regulación de los procesos ecosistémico (mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, purificación del agua).	Soporte: Servicios y procesos ecológicos necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémico (ciclo de nutrientes, formación de suelo y fotosíntesis).	Culturales: Beneficios o materiales obtenidos de los ecosistemas (enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, Recreación)
F5RODOL	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción natural de recursos alimentarios ● Especies naturales de interés medicinal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Religiosos y espirituales
F6RUTH	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción natural de recursos alimentarios ● Producción de materias primas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Religiosos y espirituales
F7RUTH2	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción natural de recursos alimentarios ● Especies naturales de interés medicinal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos ● Religiosos y espirituales
F8PASCU	<ul style="list-style-type: none"> ● Producción natural de recursos alimentarios ● Producción de materias primas biológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Control de erosión ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Religiosos y espirituales
BOSQUE	<ul style="list-style-type: none"> ● Abastecimiento de agua de buena calidad ● Producción de materias primas biológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Regulación Hídrica ● Depuración de aguas ● Regulación climática (Secuestro de carbono) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclo de nutrientes (fertilidad) ● Biodiversidad ● Estructura del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Turístico ● Educativos ● Paisajísticos y estéticos

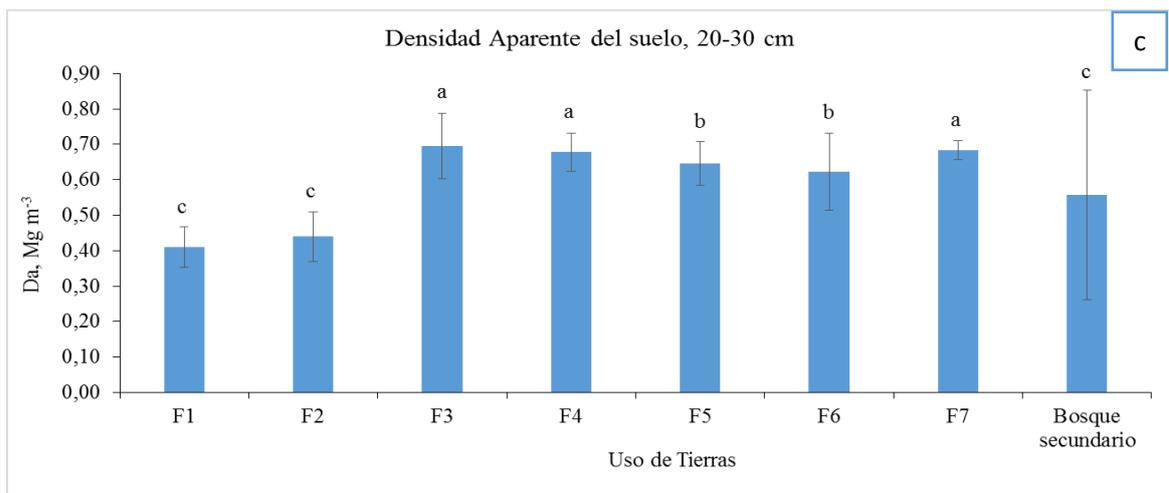
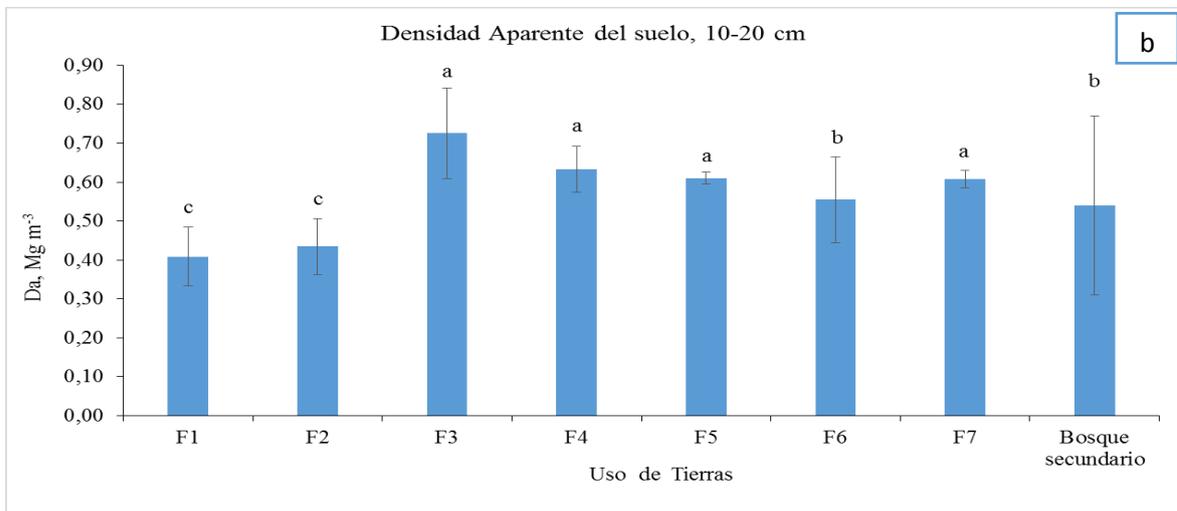
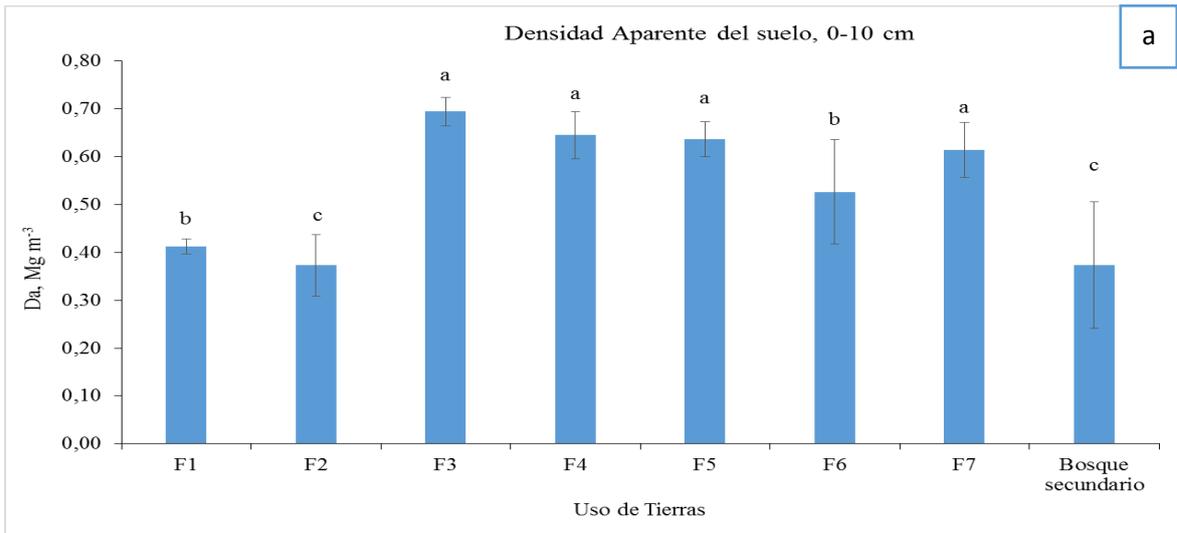
Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS y QUÍMICAS DEL SUELO BAJO SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINA Y BOSQUE.

4.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

4.2.1.1. DENSIDAD APARENTE (Da)

En la figura 4a se muestran los valores promedio de la densidad aparente a una profundidad de 0-10 cm para las distintas fincas y el bosque. Se puede apreciar que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$), mostrando los mayores valores en la F3, F4, F5, F7, seguidamente F1, F6 y con menores valores en el Bosque secundario y F2. Independientemente del uso de tierra los valores obtenidos están muy por debajo de los valores críticos ($> 1.4 \text{ Mg m}^3$) para este tipo textural, lo cual indica que no existe problemas de compactación ni de aireación, por tanto el desarrollo de raíces y la penetración de agua y de nutrientes serán eficientes para que tanto el cultivo como el bosque puedan crecer de manera favorable. Resultados similares señala Bravo *et al.* (2017) donde la densidad aparente registro valores que oscilaron de 0,34 a 0,96 Mg m^{-3} en los primeros 10 cm en cultivos de naranjilla y monocultivo de cacao. Seguidamente en la Figura 4b se evidencian los valores promedios de la densidad aparente a una profundidad de 10-20 cm para diferentes fincas y bosque muestreado. Se puede observar que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$), presentando los mayores valores en la F3, F4, F5, F7, posteriormente F6 y el bosque secundario, y con valores menores la F1 Y F2. Los resultados conseguidos a esta profundidad están por debajo de los valores críticos ($> 1.4 \text{ Mg m}^3$), lo cual muestra que no existen problemas de compactación ni de aireación en el suelo. En el estudio realizado por Bravo *et al.* (2017), destacan valores que oscilaron de 0,40 a 1,19 Mg m^{-3} a una profundidad de 10-20 cm, siendo menores para el cultivo de naranjilla y mayores en el cacao. Con respecto a la figura 4c se visualiza los valores promedios de la Densidad aparente a una profundidad de 20-30 cm para los diferentes usos de tierra. Se puede apreciar que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), mostrando los mayores valores en la F3, F4, F7, a continuación la F5 y F6, y con valores menores la F1, F2 y el bosque secundario. Los valores obtenidos están por debajo de los valores críticos ($> 1.4 \text{ Mg m}^3$), por esta razón se estima que no tendrán ningún problema en la retención de humedad y crecimiento de raíces.



Figuras 4. Valores promedios de la Densidad aparente (Mg m³) a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de tierras, sistema de producción con papachina y bosque de la comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

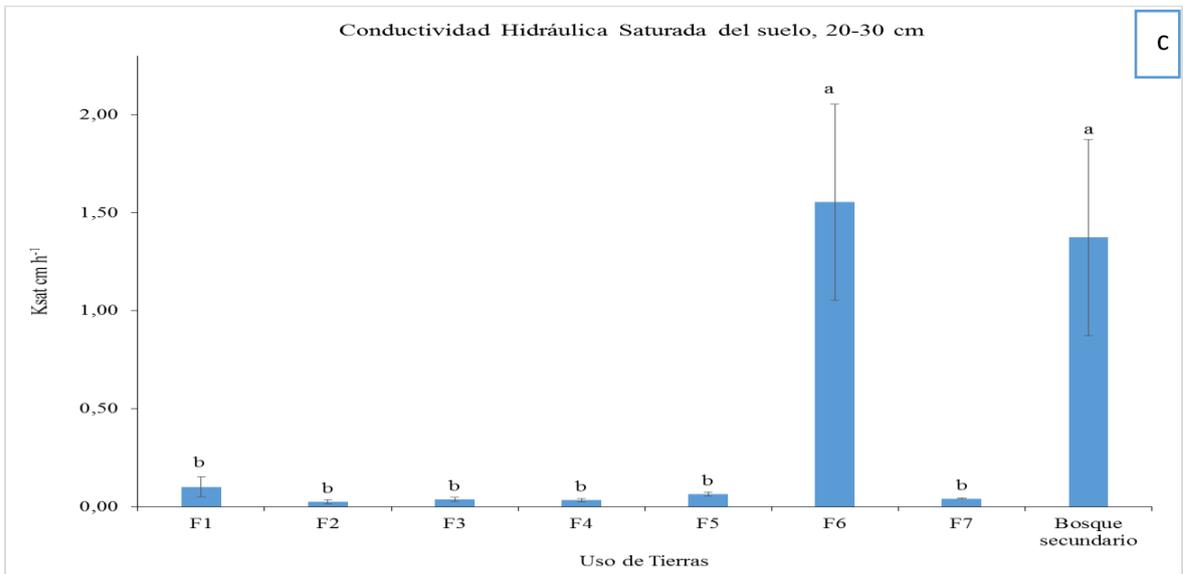
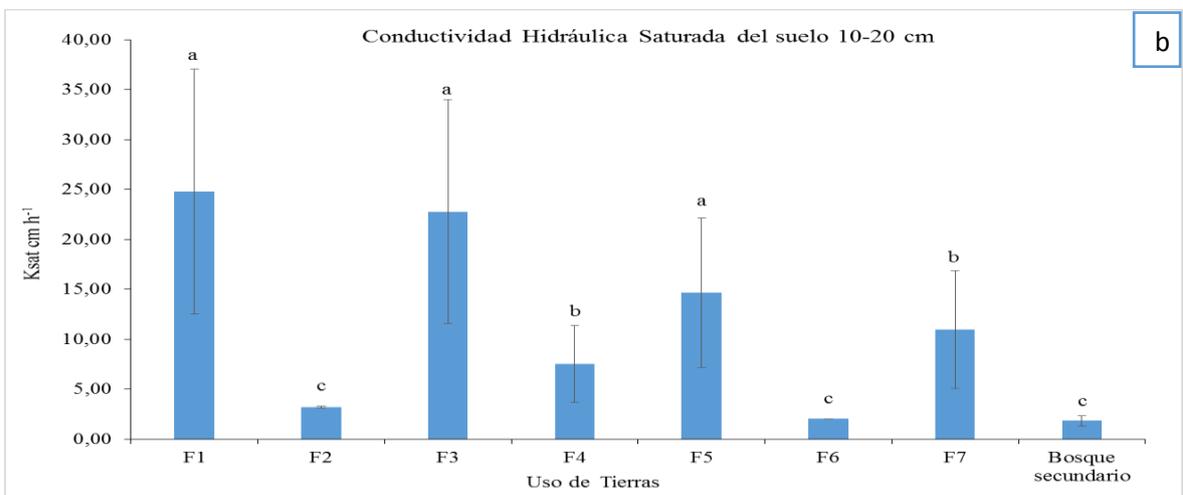
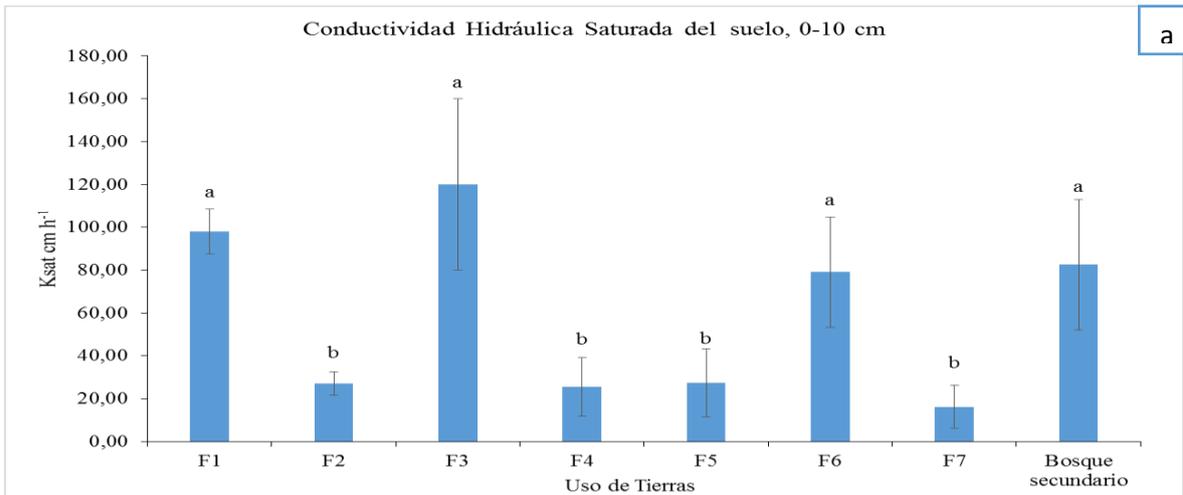
Resultados similares han sido mencionados por Salamanca y Sadeghian (2005), quienes destacan que la Densidad aparente es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo. A medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la Densidad Aparente y viceversa. Los principales beneficios que otorga la materia orgánica en el suelo es que favorecen a una buena porosidad, mejorando así la aireación y la penetración de agua, de igual forma aumenta la capacidad de retención de agua, por ende disminuye la erosión. En suelos de textura fina la Densidad aparente varía entre 1 y 1,2 Mg m³, mientras que en suelos arenosos es mayor y puede variar entre 1,2 y 1,6 Mg m³.

4.2.1.2. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA (Ksat)

En la figura 5a, 5b y 5c se muestra los valores promedios de la conductividad hidráulica saturada a las distintas profundidades consideradas. Se puede apreciar que en todas las profundidades se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$) para los distintos usos de tierra. Para la primera profundidad de 0-10 (Figura 5a) los mayores valores se obtuvieron en las Fincas F1, F3, F6 y en el bosque secundario, y con menores valores las F2, F4, F5 y F7. Para la segunda profundidad (Figura 5b) los valores promedios de la conductividad hidráulica saturada los mayores valores en la F1, F3 y F5, seguidamente F4 y F7 y con menores valores la F2, F6 y el bosque. Para concluir en la figura 5c se observan los valores promedios de la conductividad hidráulica saturada a una profundidad de 20 a 30 cm hubo diferencia significativas ($P < 0,05$), evidenciando los mayores valores en la F6 y bosque, mientras que con menores valores F1, F2, F3, F4, F5, F7.

Independientemente del uso de tierra los valores en todas las profundidades se encuentran por encima del valor crítico ($< 0,5 \text{ cm h}^{-1}$), lo cual indica que no existen problemas de compactación, aireación y penetración y desarrollo de raíces en el suelo.

Los valores obtenidos de esta variable están relacionados con el contenido de materia orgánica que genera bajas densidades aparentes y alta porosidad principalmente de aireación (Pita, 2017).



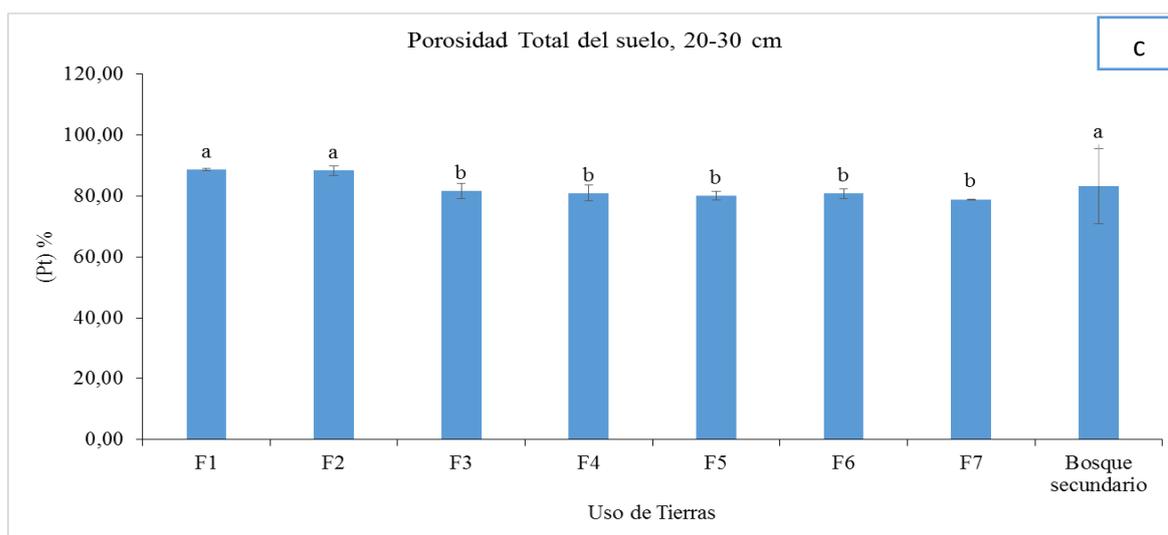
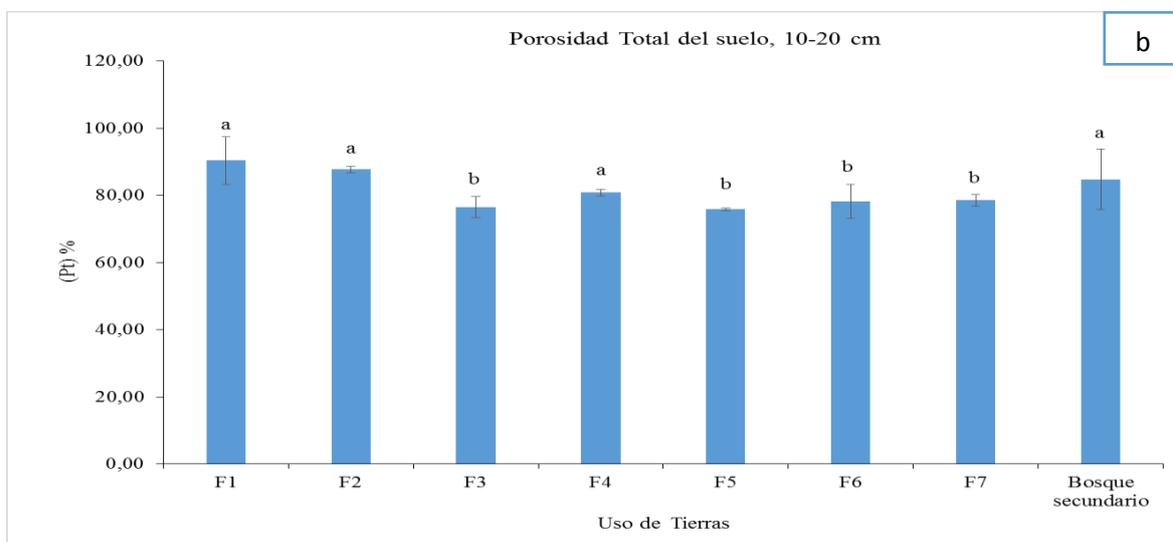
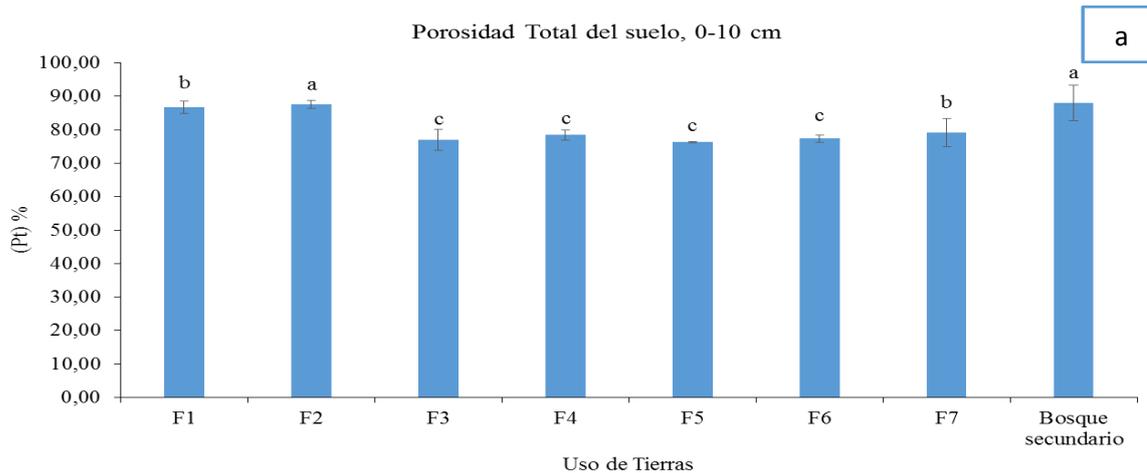
Figuras 5. Valores promedio de conductividad hidráulica saturada (Ksat cm h⁻¹) a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

González, López y Minaya (2014) señalan que cuando se aumenta la profundidad del perfil, aumenta la densidad aparente, como consecuencia de una mayor compactación del suelo. A este aumento de densidad, corresponde una disminución del espacio poroso y en consecuencia una disminución de la conductividad hidráulica saturada. Noguera y Vélez (2011) encontraron que los valores de conductividad hidráulica fueron diferentes entre usos ($P < 0,05$), siendo más alta en el T2bosque, con $4,95 \text{ cm h}^{-1}$, mientras que el tratamiento T1pasto (*Pennisetum clandestinum*) con $0,52 \text{ cm h}^{-1}$, fue el más bajo, estos resultados pueden atribuirse a los aportes de la materia orgánica de la cobertura del bosque, responsable de un mejor tamaño de poros, mayor volumen de aireación, y un aumento en el nivel de infiltración.

4.2.1.3. POROSIDAD TOTAL (Pt)

En la figura 6 se muestran los valores promedios de la porosidad total para fincas evaluadas y el bosque, mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$) en las distintas profundidades. Para la primera profundidad (Figura 6a) se puede apreciar que los mayores valores se registraron en la F2 y bosque secundario, seguidos por la F1, F7 y con menores valores en la F3, F4, F5, F6. Para la profundidad de 10-20 cm los mayores valores se localizaron en la F1, F2, F4 y el bosque y con menores valores F3, F5, F6, F7. Mientras que la última profundidad de 20-30 cm el orden obtenido fue de mayores valores en la F1, F2, bosque secundario y menores valores en la F3, F4, F5, F6, F7. Es importante señalar que los valores en el todo el perfil evaluado mostraron porosidades totales por encima de 80 %. Al comparar dichos valores obtenidos se encuentran por encima del valor crítico ($< 50\%$, Pla 2010), lo cual sugiere que independientemente de la finca no existen problemas de compactación, aireación, ni de penetración de agua, por lo tanto habrá una mejor absorción, circulación de nutrientes y anclaje de raíces (Bravo *et al.*, 2017).



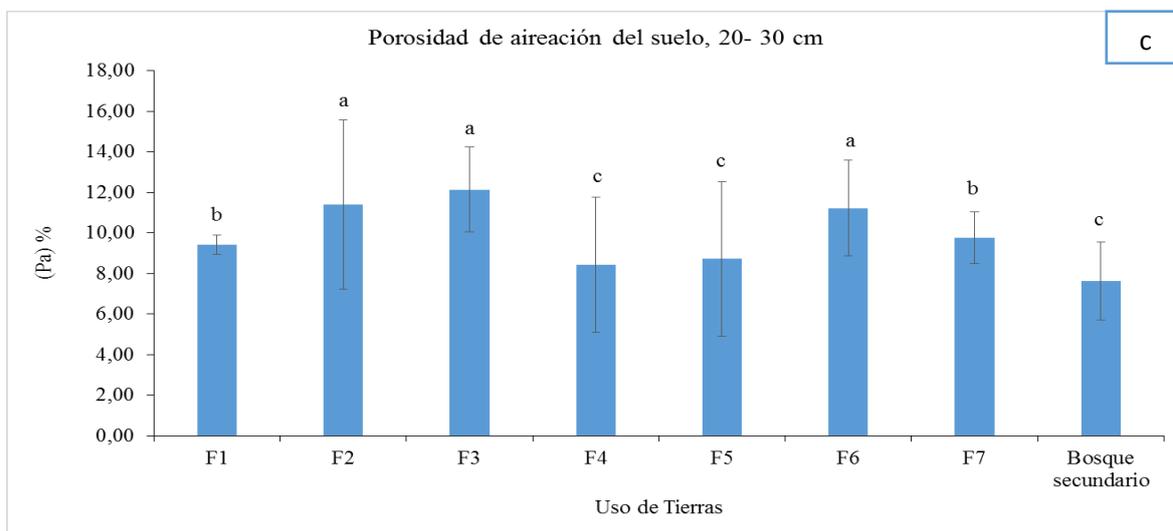
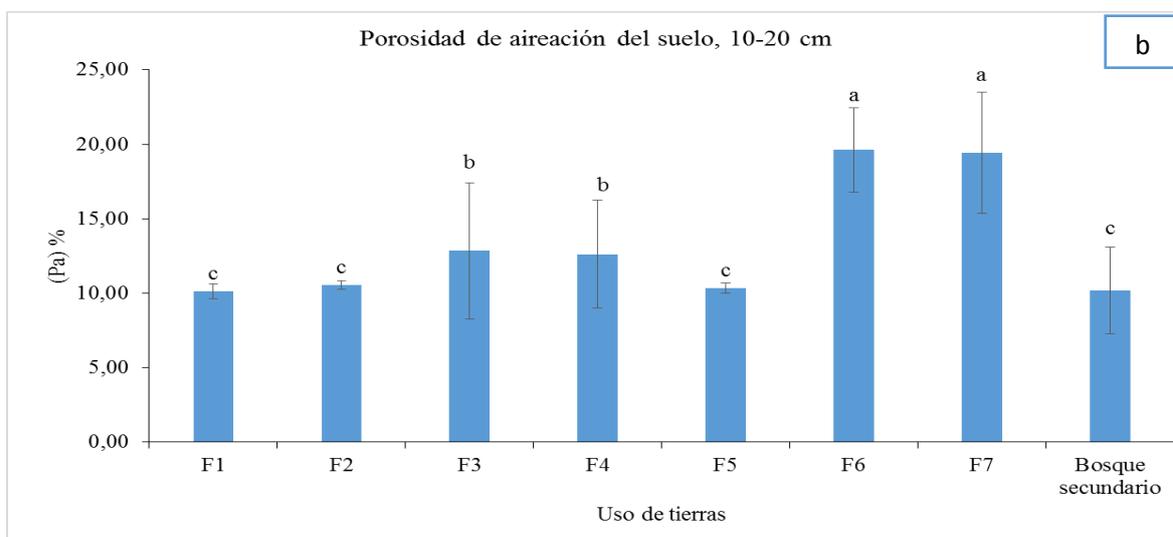
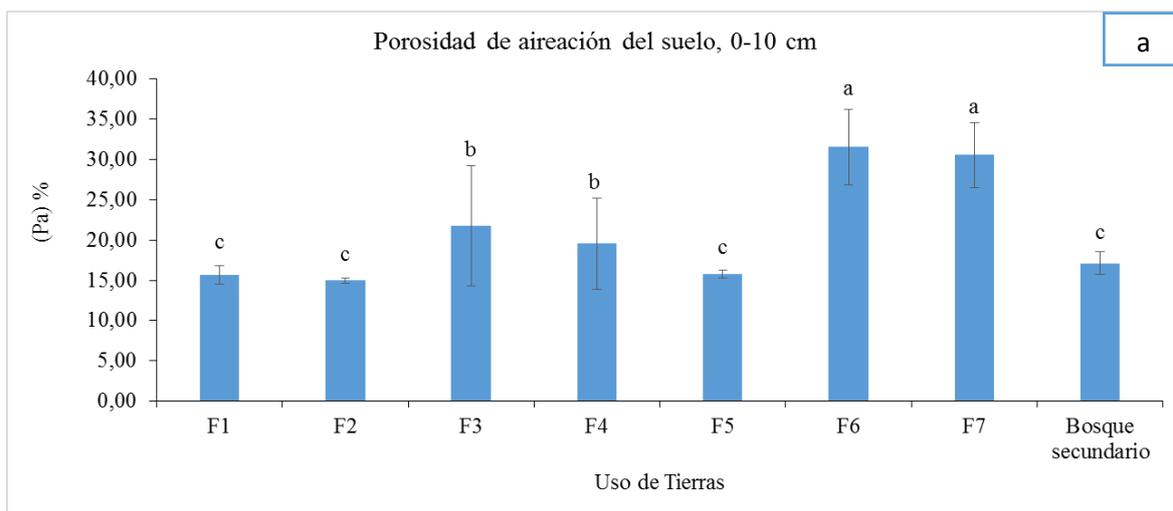
Figuras 6.: Valores promedio de Porosidad total a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

Resultados similares nos muestra Kutilek y Nielsen (1994), quienes destacan que la porosidad depende de la composición, de la textura y de la estructura del suelo. Por lo general, esta propiedad física varía de 40 % a 60 % y su valor es superior a 90 % en suelos con un contenido de materia orgánica (su forma irregular produce una escasa compactación). Un aumento en el contenido de arcilla favorece la formación de agregados del suelo e incrementa la porosidad. Mientras que Noguera y Vélez (2011) menciona que la Porosidad Total fue diferente entre usos ($P < 0,05$), siendo más alta en el T2 bosque, con 79,33%, mientras que el tratamiento T1 Pasto (*Pennisetum clandestinum*), con 49,00%, fue el más bajo. El anterior comportamiento obedece a que el bosque debido a su cobertura presenta mayor capa de material orgánica ejerciendo un efecto en la porosidad del suelo.

4.2.1.4. POROSIDAD DE AIREACIÓN (Pa)

Los valores promedios de la porosidad de aireación, para las distintas fincas y el bosque a distintas profundidades se muestran en la figura 7. Se puede apreciar que para las tres profundidades evaluadas hubo una diferencia significativa ($P < 0,05$). En el horizonte superficial se registraron valores que oscilaron de 15 a 30 % con mayores valores en la F6, F7, seguidamente F3, F4, y con menores valores la F1, F2, F5 y el bosque secundario. Para la segunda profundidad los valores oscilaron entre 10 a 18 % se visualizó mayores valores en la F6, F7, a continuación F3, F4 y con menores valores F1, F2, F5 y el bosque secundario. Para la última profundidad de 20-30 cm se observaron valores que oscilaron entre 8 a 12 % con mayores valores en la F2, F3, F6, simultáneamente F1, F7, y con menores valores F4, F5 y el bosque secundario. Los poros de aireación (macro poros) ayudan activamente al flujo de agua y al movimiento de aire en el suelo, suministrando condiciones apropiadas para la actividad biológica del suelo (Bravo *et al.*, 2015). Al observar los valores de esta variable en todas las fincas evaluadas y profundidades en la mayoría estuvieron por encima del umbral de 10 % por debajo del cual se limita el movimiento del agua, del aire y la penetración de raíces (Pla, 2010).



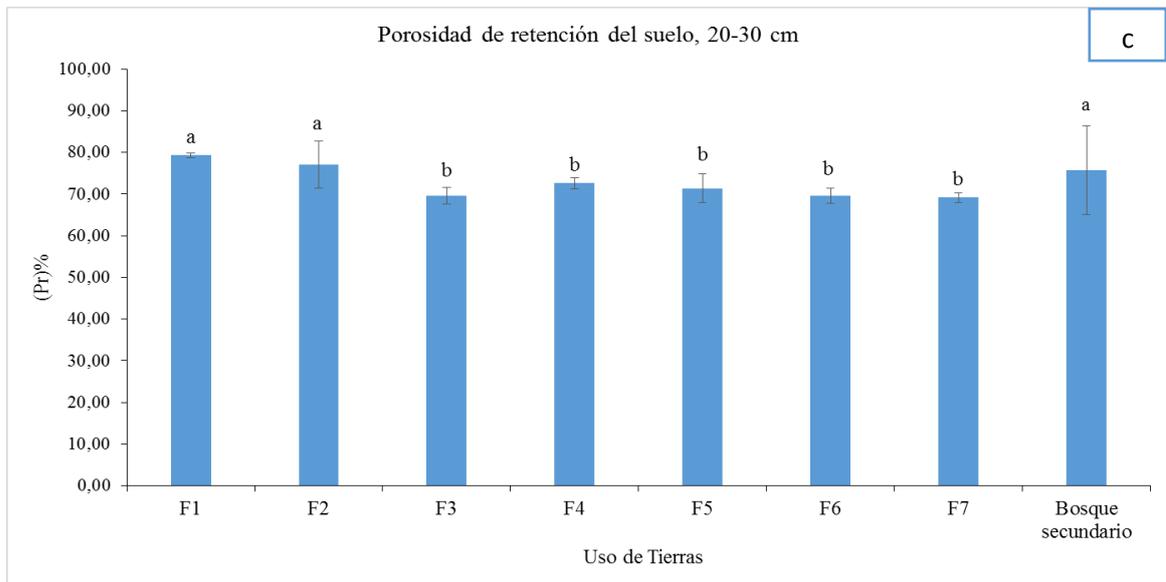
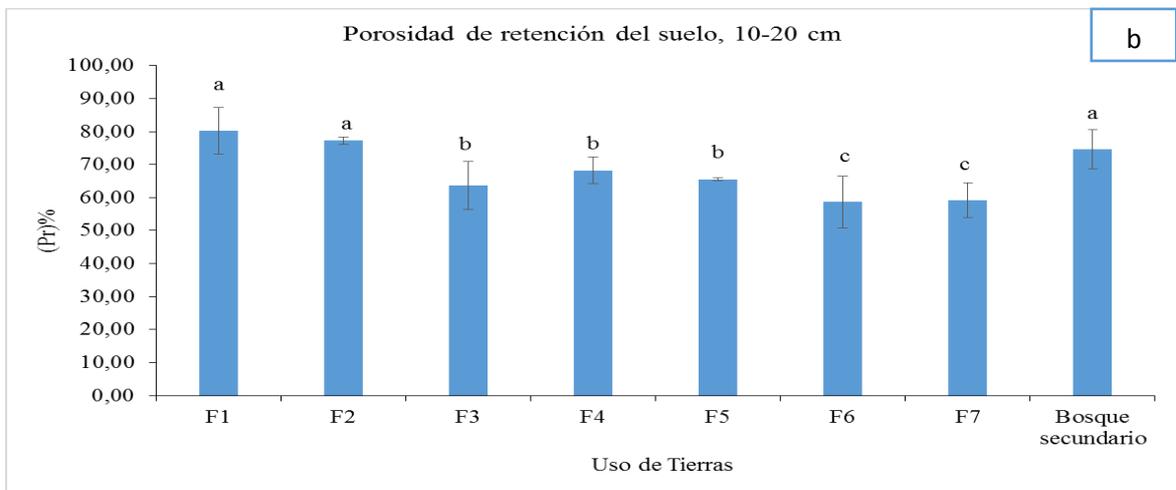
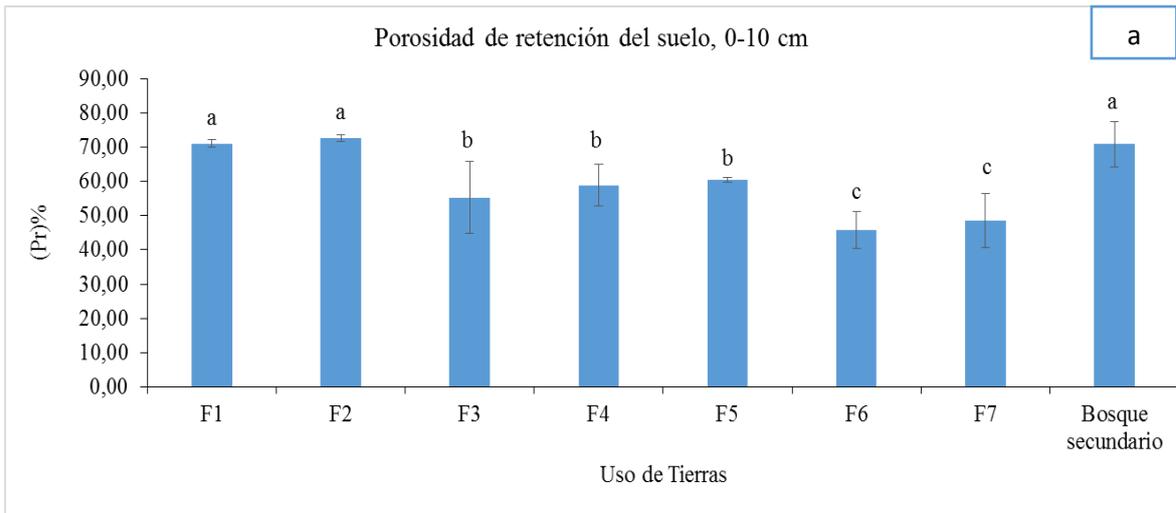
Figuras 7. Valores promedio de porosidad de aireación a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

Resultados similares han sido señalados por Bravo *et al.*, 2004 quienes destacan que la porosidad de aireación (macroporos) presentó valores en el rango 14,18 a 23,67 % que representó entre el 40 y 55 % de la porosidad total en todos los tratamientos, profundidades y épocas evaluadas en suelos áridos. Mientras que Prieto *et al.* (2013) señala que la porosidad de aireación fluctuó de 30.2 a 35.8 % en sustratos compostados. Por otro lado para condiciones amazónicas se ha señalado valores de porosidad de aireación, con rangos de 9,68 (cacao) a 18 % (Bosque Secundario) en el primer horizonte y de 6,70 (cacao) a 14 % (pasto y arboles) en la segunda capa (Bravo *et al.*, 2017). Los poros de aireación contribuyen activamente al flujo de agua y al movimiento de aire en el suelo proporcionando una condiciones adecuadas para la actividad biológica del suelo (Bravo *et al.*, 2015; Álvarez y Taboada, 2008).

4.2.1.5. POROSIDAD DE RETENCIÓN (Pr).

Los valores promedios de la porosidad de retención para las distintas fincas y el bosque a distintas profundidades se muestran en la figura 8. Se puede apreciar que para las tres profundidades evaluadas hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$). En el Horizonte superficial los mayores valores se obtuvieron en la F1, F2 y bosque secundario, seguidamente F3, F4, F5, y con menores valores F6, F7. Para el resto de los horizontes el patrón del comportamiento es muy similar con valores que oscilaron entre 50 a 70 % considerados adecuados, lo cual significa que estos suelos muestran una alta capacidad de retención de humedad, indistintamente del uso del suelo (Bravo *et al.*, 2017).



Figuras 8. Valores promedio de porosidad de retención a diferentes profundidades: 0-10 cm (a); 10-20 cm (b) y de 20-30 cm (c), bajo distintos usos de Tierras, Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2.2. PROPIEDADES QUIMICAS

4.2.2.1. pH

En la figura 9 se observa los valores promedios del potencial hidrógeno para las distintas fincas y bosque a la profundidad evaluada. Se puede apreciar que hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) en los usos analizados, mostrando la formación de cuatro grupos. En el primer grupo con los mayores valores los registraron las Fincas F4, F5, con un pH de 6,57 y 6,89 cercano a la neutralidad y categorizado como prácticamente neutros (PN). El segundo grupo estadístico lo integraron las Fincas F6, F7, F8, F11 donde se obtuvieron pHs que oscilaron entre 6,1 y 6,5, categorizados como ligeramente ácidos (L Ac). La F12 fue la única que presentó un pH de 5,69, categorizándola como medianamente ácido (Me Ac), mientras que con menores valores en el cuarto grupo se encontraron la F1, F2, F3, F9, F10 y el bosque cuyos valores de pH oscilaron entre < 5 y 5,5, clasificándose como suelos muy ácidos y ácidos (M.Ac-Ac) respectivamente.

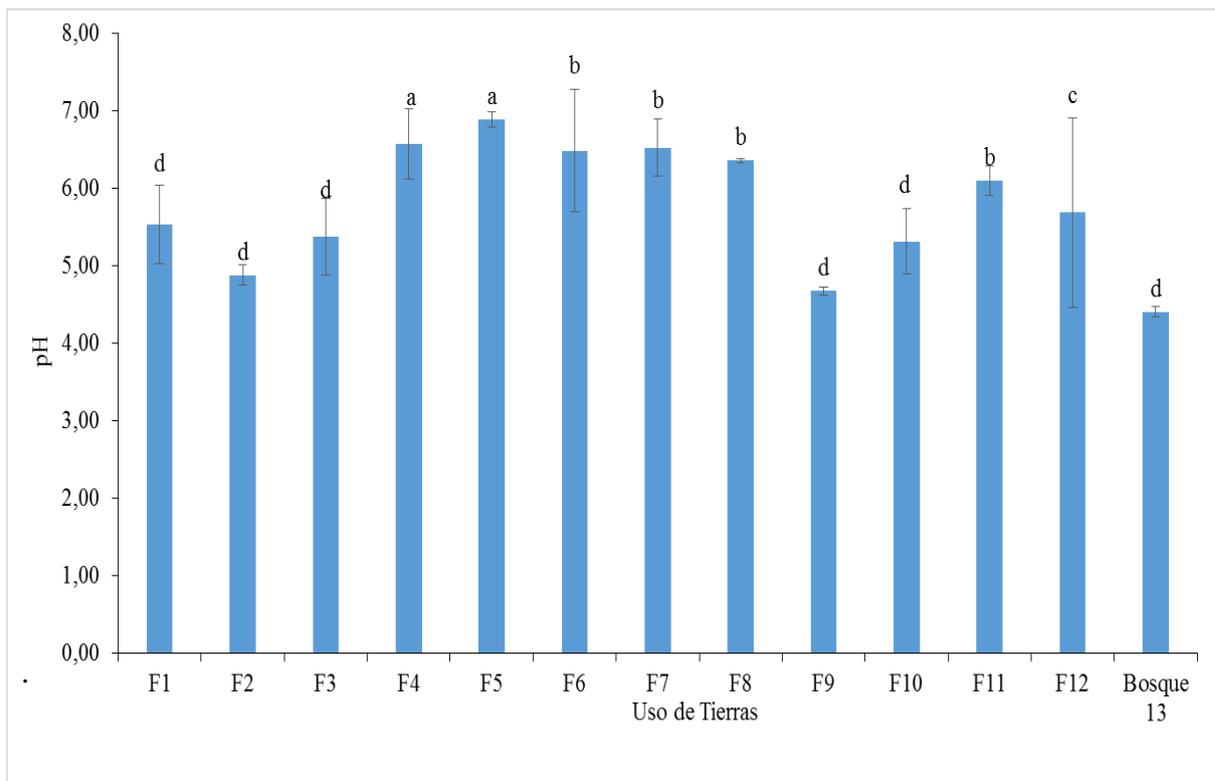


Figura 9: Valores promedios del potencial de Hidrógeno a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

Casanova (2005) señala que el pH es uno de los atributos más integradores y que tiene mayor influencia en el crecimiento de las plantas, ya que afecta la disponibilidad de elementos nutritivos esenciales y tóxicos, la capacidad de intercambio catiónico y tiene influencia sobre la magnitud y composición de las poblaciones de los microorganismos del suelo. Para el cultivo de *Colocasia esculenta* se ha mencionado que el pH óptimo debe ser entre 5.5 - 6.5, aunque puede adaptarse a rangos de 4.5 - 7.5 (Tem, 2018).

4.2.2.2. ACIDEZ INTERCAMBIABLE

En la figura 10 se muestran los valores promedios de la Acidez para los distintos usos de la Tierra. Se puede distinguir que hubo diferencia significativa ($P < 0,05$), y donde el bosque presentó el mayor valor de acidez, cuyo valor fue de 1,75 meq/100 g de suelo, por ende se lo categorizó como tóxico. Seguidamente las Fincas F2, F3, F7, F8, F9, F12 obtuvieron valores que oscilaron entre 0,5 y 1,5 meq/ 100 g de suelo, categorizados como valores medios y con menores valores se encuentran las fincas F1, F4, F5, F6, F10, F11, estas fincas mostraron valores $< 0,5$ meq/100 g de suelo, de modo que se los categorizó como bajo.

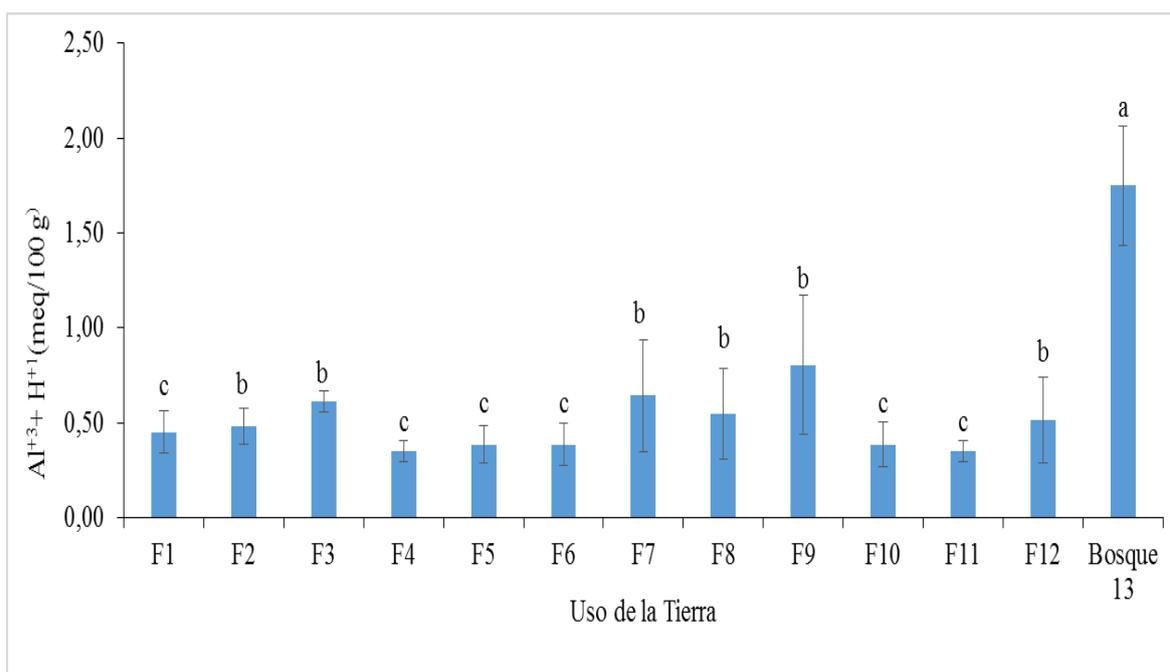


Figura 10. Valores promedios de la Acidez a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

Resultados similares han sido señalados por Martínez *et al*, (2008) donde destacan que la acidez intercambiable (H^+ y Al^{+3}), fue menor en el tratamiento de conservación con un valor promedio de 0.06, con un valor máximo de 0.50 y mínimo de 0.40, mientras el tratamiento convencional con valores mayores y con una media de 0.14, como máximo de 0.60 y mínimo de 0.30 categorizado como bajo. En síntesis, el pH del suelo es afectado por la materia orgánica del suelo (MOS) debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos aportados al suelo (Bravo *et al*, 2017).

4.2.2.3. ALUMINIO

En la figura 11 se aprecia los valores promedios del Aluminio, tanto para las fincas y bosque. Se muestra que hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) en los usos de tierra analizados. La F3, F7 y F9 presentaron los mayores valores, los cuales oscilan entre 0.39 a 0.43 meq/100 g de suelo, por ende se los categorizó como valores medios, seguidamente los menores valores conseguidos pertenecen a la F1, F2, F4, F5, F6, F8, F10, F11, F12, obteniendo valores < 0.3 meq/100 g de suelo, por esta razón son considerados como valores bajos. Resultados similares han sido señalados por Alvarez *et al*, (2017), puesto que en ambos tratamientos el aluminio fue categorizados como bajos, con valores medios de 0.25 meq/100 g de suelo en el tratamiento de conservación y de 0.2 meq/100 g de suelo en el convencional, lo cual no representa ninguna limitación para el crecimiento del cultivo.

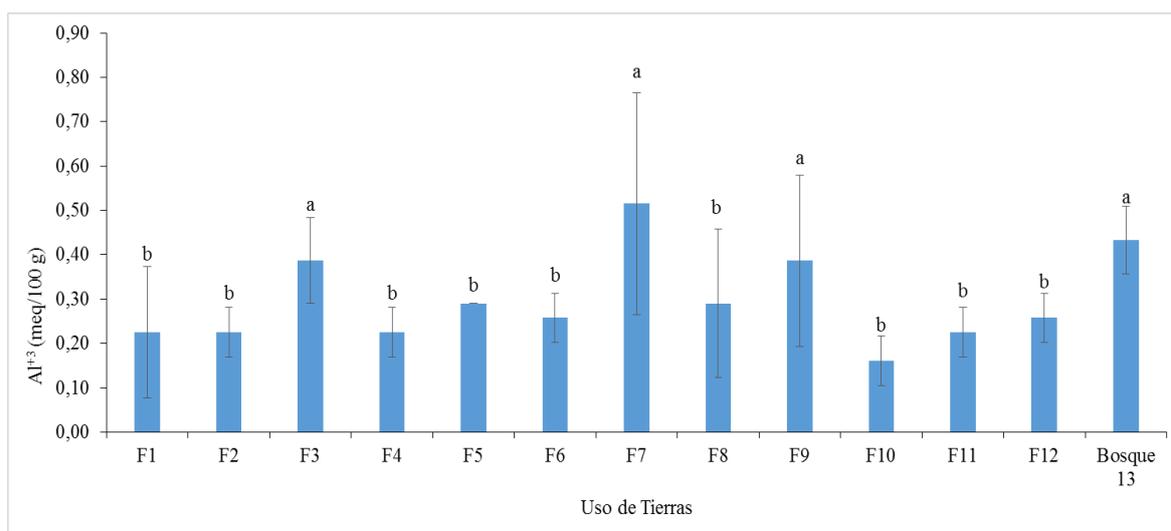


Figura 11. Valores promedios de Aluminio a una sola profundidad de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2.2.4. MATERIA ORGÁNICA

En la figura 12 se visualiza los valores promedios de la materia orgánica, tanto para el sistema de producción con Papachina y el uso con Bosque. Se puede apreciar que no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en ambos usos, se evidencia que tanto las fincas y bosque presentan valores que oscilan entre 10 y 24 % de materia orgánica, de modo que estos valores son categorizados como altos según la bibliografía estudiada. En condiciones amazónicas se ha señalado que es muy común encontrar valores altos de esta variable. Al respecto Nieto y Caicedo (2012); Bravo, *et al.* (2017), destacan que la materia orgánica mostro valores altos en los distintos tratamientos evaluados, lo cual está asociado a los antecedentes de manejo, es decir, con el uso potencial de la región amazónica ecuatoriana (Bosque) que aporta gran cantidad de residuos.

En el caso del cultivo de la papachina año tras año se vienen aplicando grandes dosis de abono orgánico principalmente gallinaza lo cual hace que se vaya incrementado los valores de dicha variable con sus efectos positivos sobre las propiedades físicas y la disponibilidad de nutrientes

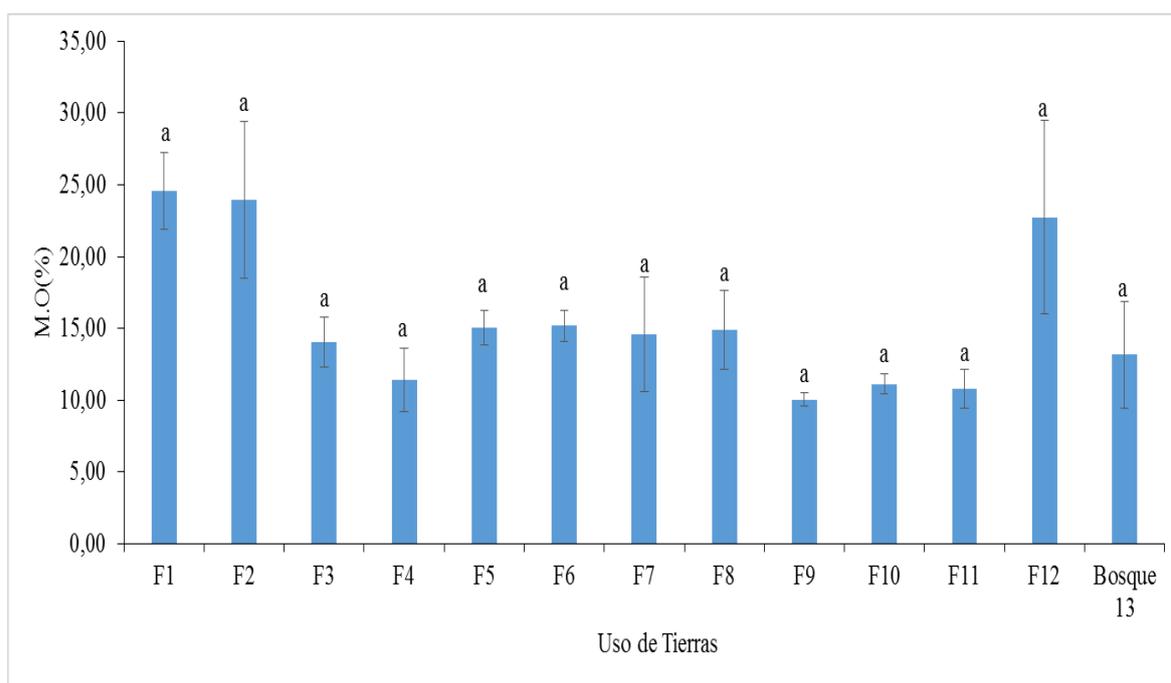


Figura 12. Valores promedios de la Materia Orgánica (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2.2.5. NITRÓGENO TOTAL

En la figura 13 se expone los valores promedios del Nitrógeno total para los distintos usos de Tierra. Se puede apreciar que no hubo diferencias significativa ($P < 0.05$) en los usos analizados, Los valores obtenidos tanto para las fincas y bosque oscilan entre 0,28 y 0,64, por este motivo se los categorizó como moderados. Alvarez *et al.* (2017) corrobora los datos, ya que menciona que el aporte de materia orgánica, influye sobre el contenido de nitrógeno total, cuyos valores muestran contenidos moderados, lo cual es importante para la suplir las necesidades de plantas y microorganismos.

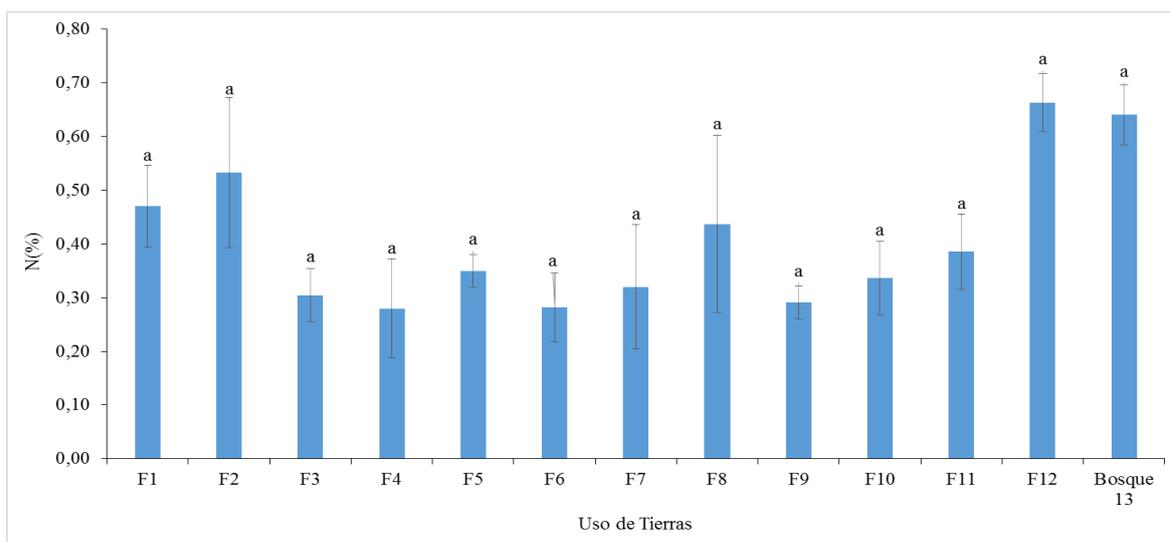


Figura 13. Valores promedios de la Nitrógeno total (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2.2.6. FÓSFORO DISPONIBLE (P)

En la figura 14 se presentan los valores promedios del P disponible para los distintos usos de Tierra con papachina y bosque respectivamente. Se puede apreciar que se observa que hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) en los usos analizados, mostrando los mayores valores en las fincas F3, F4, F5, F6, F7, F8, F11, F12, los valores obtenidos en las fincas son > 20 ppm, por esta razón se les categorizó como valores altos. En las otras fincas F1, F10 obtuvieron valores que oscilaron entre 10 y 15 ppm, categorizándolos como valores moderados y con menores valores se encuentran la F2, F9 y el bosque, ahora bien los valores conseguidos en estos usos son < 10 ppm, por este motivo se los ha categorizado como valores bajos.

Como ha sido señalado, en el sistema de producción se aplican de manera sistemática grandes cantidades de abono orgánico que posiblemente han contribuido al incremento de este nutriente y que debido a su naturaleza poco móvil se acumula en el horizonte superficial (McGrath *et al.*, 2014), ya que los suelos de la Amazonía por lo general presentan valores bajos (Bravo *et al.*, 2017).

El fósforo es el segundo elemento (después del Nitrógeno) más importante para el crecimiento de las plantas, para la producción de los cultivos y su calidad; además, es uno de los elementos que más limita la producción agrícola en la mayoría de los suelos de la amazonia, sin embargo en este caso los valores son muy altos.

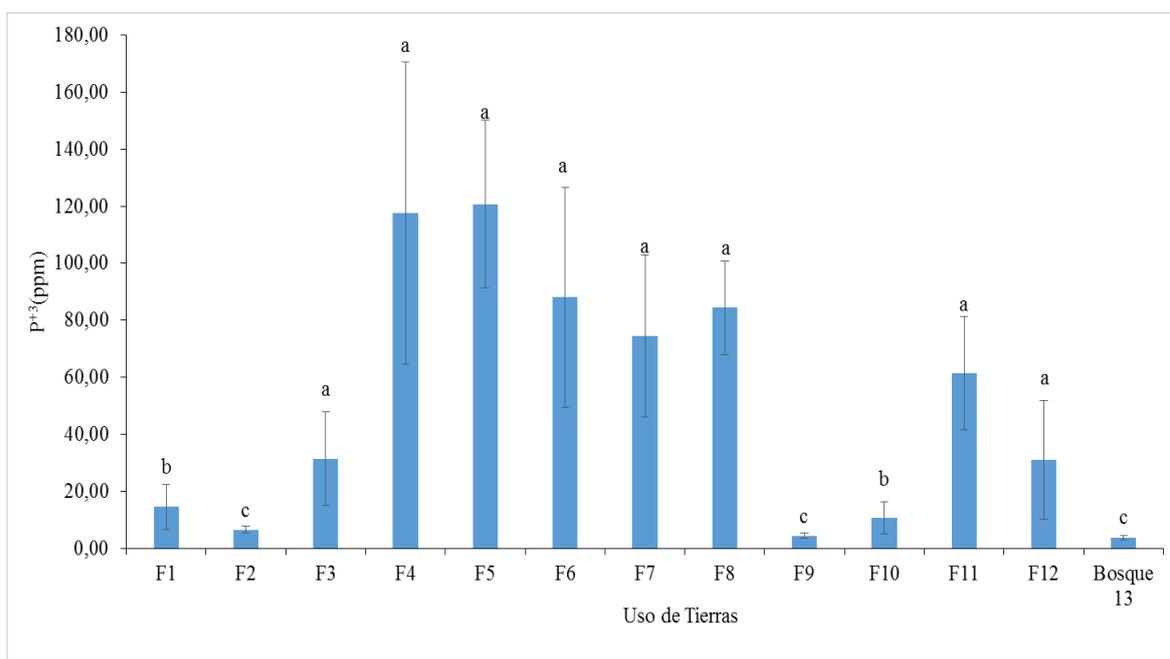


Figura 14. Valores promedios del Fósforo disponible (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

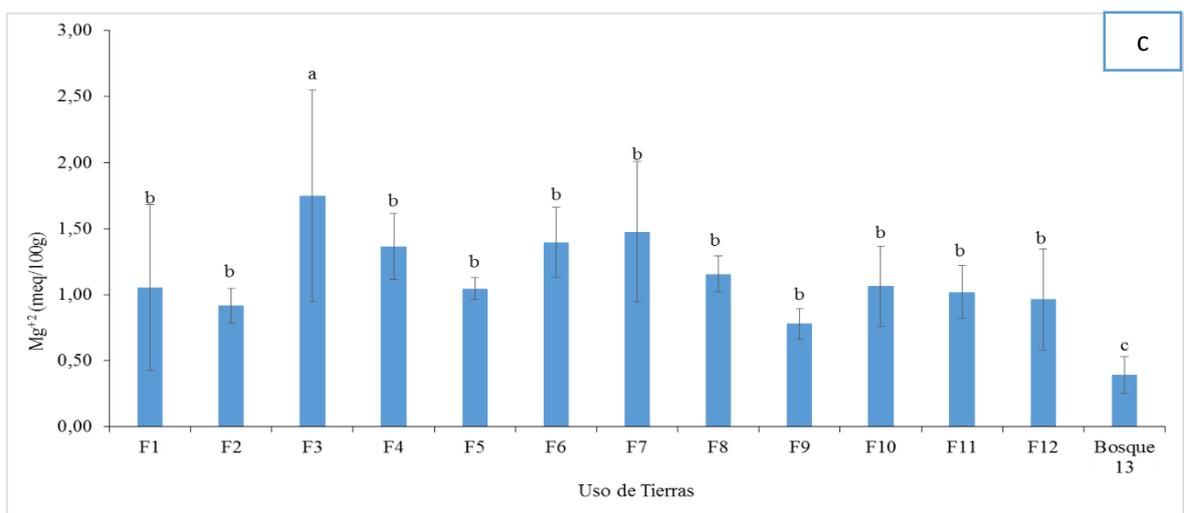
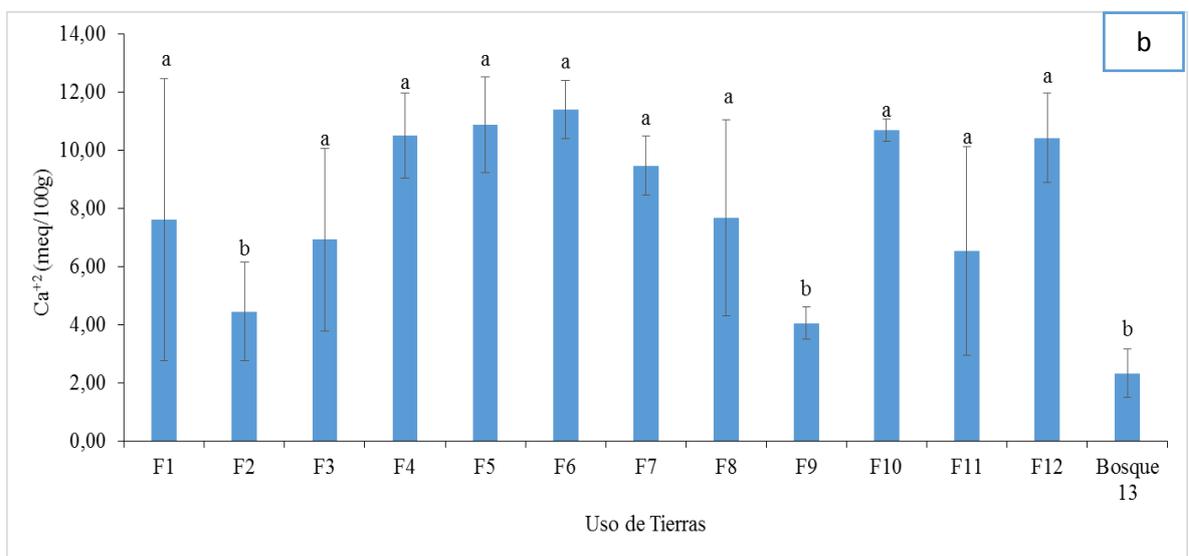
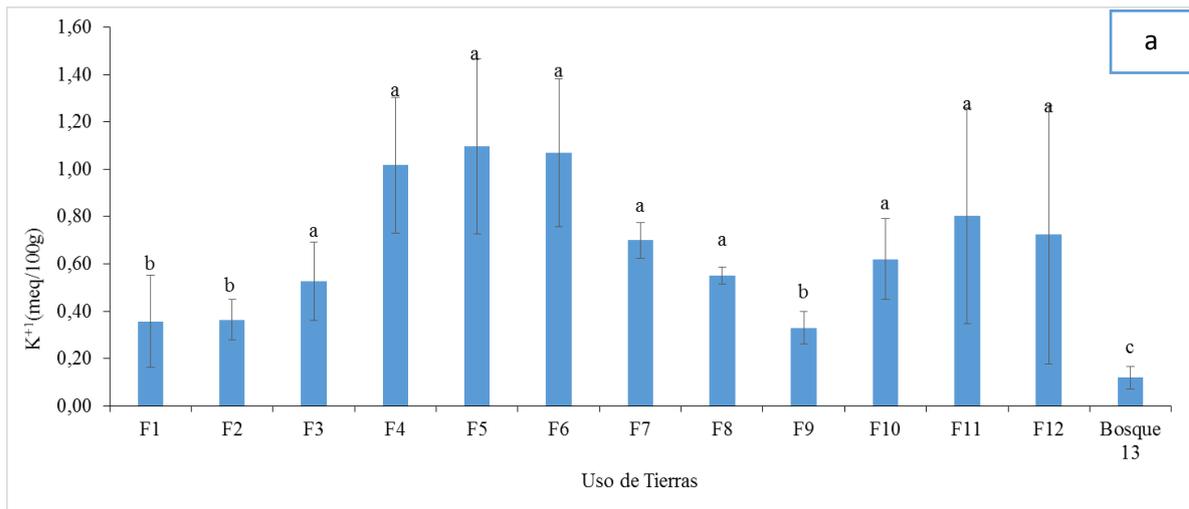
Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.2.2.7. BASES INTER CAMBIABLES (POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO)

En la figura 15 se presentan los valores promedios de las bases intercambiables (K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) para las distintas fincas con papachina y el uso con bosque, donde se puede apreciar que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las tres bases intercambiables. En el caso del potasio intercambiable (K^{+1}) Figura 15a, los mayores valores conseguidos se muestran en la F3, F4, F5, F6, F7, F8, F10, F11, F12, estas fincas presentan valores $> 0,38$ meq/100g, así que se los categorizó como altos. La fincas F1, F2, F9 mostraron valores que oscilan entre 0,2 y 0,38 meq/100g, categorizándolos como valores moderados, mientras tanto el bosque presentó un valor $< 0,2$ meq/100 g, siendo categorizado como bajo.

El contenido de Calcio intercambiable (Figura 15 b) mostró mayores valores promedios en las Fincas F1, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F10, F11, F12, con rangos > 5 meq/100g, categorizándolos como altos, la F2 y el bosque obtuvieron valores que varían entre 2 y 4 meq/100g, a estos resultados se los registró como valores moderados.

Por último, el contenido de magnesio intercambiable (Figura 15c) presento de valores bajos a moderados, en este caso la F3 es la única que mostró un valor $< 1,5$ meq/100g, posteriormente se identificó valores categorizados como moderados en la F1, F2, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, estas fincas presentan valores que oscilan entre 0.5 y 1.5 meq/100g, mientras que el bosque obtuvo un valor de 0,39, el cual indica que presenta un valor bajo según los rangos de interpretación. Los resultados obtenidos por Álvarez *et al.* (2017), coinciden con los obtenidos en nuestro estudio, ya que manifiestan que la disponibilidad de nutrientes evaluada por la disponibilidad de Nitrógeno total (NT), Fosforo (P) disponible, potasio (K^{+1}), calcio (Ca^{+2}) mostraron niveles generalmente altos en ambos tratamiento con excepción del Magnesio (Mg^{+2}) cuyos valores registraron valores moderados. Tales resultados están fuertemente asociados a las altas cantidades de abono orgánico que se aplican para la producción del cultivo de papachina en la zona, lo cual permite que se vayan acumulando nutrientes en el suelo.



Figuras 15: Valores promedio de las bases intercambiables: K (a), Ca (b), Mg (c) a de (0-20 cm), bajo Sistema de producción con papachina y bosque de la Comunidad de Cajabamba 2.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

4.3. VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS AL RECURSO SUELO EN EL BOSQUE ALEDAÑO Y EL SISTEMA DE PRODUCCION CON PAPACHINA.

La valoración de la fertilidad del suelo como servicio ecosistémico en el sistema de producción con papachina y bosque se muestran en la Tabla 3, Dicha valoración incluyo parámetros químicos asociados a la fertilidad como: Materia orgánica. Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio. Como se puede apreciar que el valor económico de la materia orgánica oscilo de 13620,45 a 26573,20 \$ ha⁻¹ en los sistemas de producción con Papachina, mientras que el bosque fue de 21300,46 \$ ha⁻¹, representando de un 49 al 97 % de la valoración económica total de los servicios. De la valoración total de los servicios ecosistémicos presento el orden siguiente la F12> F3> F8> F2> F1>F5>F6>F7>Bosque> F4>F11>F10>F9, lo cual está relacionada con el mejoramiento de las propiedades del suelo asociada a la fertilidad producto de la aplicación de abonos orgánicos.

Wunder (2017) señala que estos usos de la tierra pueden aportar de gran manera a la economía ambiental, ya que los pagos por servicios ambientales (PSA) son una clase de instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los usuarios del suelo, de manera que continúen ofreciendo un servicio ambiental (ecológico) que beneficia a la sociedad como un todo, mientras que Barroso *et al.* (2017) menciona que con estos valores las organizaciones y agricultores de la zona pueden acceder a un pago por servicio ambiental (PSA), comprometiéndose a tener una agricultura sostenible con el medio ambiente sin tener un abuso en la utilización de fertilizantes, así se está garantizando el buen vivir de las futuras generaciones.

Tabla 3. Valoración de la fertilidad del suelo como servicios ecosistémico en el sistema de producción con papachina y bosque.

Usos de la Tierra	TM MO /Ha	\$/ha	Kg de NI/Ha	\$/ha	Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	\$/ha	Kg K ₂ O ha ⁻¹	\$/ha	Kg Ca ha ⁻¹	\$/ha	Kg Mg /ha	\$/ha	Total de \$/ha
Papa China (Finca 12)	177,15	26573,20	44,29	38,53	34,61	7,27	320,50	240,38	2319,47	556,67	128,70	72,07	27488,12
Papa China (Finca 3)	142,29	21343,41	35,57	30,95	45,68	9,59	304,30	228,23	2011,01	482,64	304,27	170,39	22265,21
Papa China (Finca 2)	145,64	21845,99	36,41	31,68	5,71	1,20	125,70	94,27	772,53	185,41	95,63	53,55	22212,10
Papa China (Finca 8)	141,54	21231,02	35,39	30,78	114,45	24,04	296,76	222,57	2080,54	499,33	188,18	105,38	22113,12
Papa China (Finca 1)	140,61	21091,16	42,18	36,70	12,00	2,52	116,11	87,08	1243,18	298,36	103,38	57,89	21573,71
Bosque	142,00	21300,46	35,50	30,89	4,00	0,84	50,85	38,14	502,20	120,53	50,97	28,54	21519,39
Papa China (Finca 5)	128,52	19277,84	32,13	27,95	147,48	30,97	533,00	399,75	2653,91	636,94	153,38	85,89	20459,34
Papa China (Finca 7)	123,84	18576,50	30,96	26,94	90,52	19,01	338,43	253,82	2296,66	551,20	215,26	120,54	19548,00
Papachina (Finca 6)	118,00	17699,45	29,50	25,66	97,76	20,53	472,60	354,45	2527,30	606,55	186,00	104,16	18810,81
Papa China (Finca 4)	101,16	15174,34	25,29	22,00	149,02	31,29	512,38	384,28	2658,27	637,98	207,15	116,01	16365,92
Papa China (Finca 11)	103,16	15474,24	25,79	22,44	84,15	17,67	437,30	327,98	1785,44	428,51	167,42	93,75	16364,59
Papa China (Finca 10)	96,89	14532,82	24,22	21,07	13,38	2,81	307,16	230,37	2658,85	638,12	158,83	88,94	15514,15
Papa China (Finca 9)	90,80	13620,45	22,70	19,75	5,74	1,21	169,63	127,22	1046,97	251,27	120,88	67,70	14087,59

Costo monetario del kilogramo de nutriente según los costos del mercado: Materia orgánica (MO) Tonelada métrica (TM) (150\$), Nitrógeno Inorgánico (NI) (0,87\$), Fosforo (P) (0,21\$), Potasio (K) (0,75\$), Calcio (Ca) (0,24\$), Magnesio (Mg) (0,56\$).

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

En la tabla 4 se muestra el valor promedio de Secuestro de Carbono en el suelo como servicio ecosistémico del Sistema de producción con Papachina y el Bosque. El valor económico del secuestro de carbono se expresó en CO₂eq para lo cual una vez calculadas las cantidades de carbono almacenado en el suelo se transformó en Mg de CO₂ ha⁻¹ para poder darle valor económico como Bono de Carbono (1 bono de carbono equivale a 1 Mg de CO₂) cuyo precio en el mercado es de 15 \$. El análisis del conjunto de fincas indica que hubo diferencias en la cantidades de secuestro de carbono y por tanto en la cantidades de CO₂ que se dejan de emitir al ambiente presento el siguiente orden F12>, F2>, F3>, F8>, F1>, bosque>, F5>, F7> F6>, F11>, F4>, F10>, F9. Resultados en áreas bajo bosque realizado por Rios (2012), señalan que el valor económico del bosque neblina montano del cerro Chamusquín con una superficie de 12 ha⁻¹ donde el aporte de carbono en el suelo fue de \$ 2960. Este resultado refleja la importancia para que se realice un plan operativo en la toma de decisiones con respecto al manejo y conservación del bosque por parte de organismos que se interesen en negociar en el mecanismo de desarrollo limpio para contribuir a la reducción de emisiones de CO₂. Martínez et al. (2008) manifiesta que en condiciones naturales el carbono se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico, principalmente de origen vegetal. En suelos cultivados el mayor aporte de carbono ocurre con los residuos de cosecha. El carbono del suelo se puede perder en forma gaseosa (CO₂, CH₄) por difusión directa hacia la atmósfera. Por otro lado Jardan, Torres y Günter (2012) menciona que para ecosistemas de bosque húmedo y muy húmedo tropical como en de la Amazonia ecuatoriana, el fomento de sistemas con cacao, café u otros productos que se adapte al sistema, pueden contribuir significativamente al secuestro y almacenamiento de carbono y, al mismo tiempo como medida de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel de pequeños productores, además que proveen diversidad, seguridad y soberanía alimentaria y consecuentemente mejorar las condiciones de vida en zonas rurales.

Tabla 4. Secuestro de carbono en el suelo como servicio ecosistémico del sistema de producción con papachina y el bosque

Usos de la Tierra	Da, (Mg m ⁻³)	COT %	Peso de Ha Mg	Carbono Estimado Mg ha	Fijación de Carbono Mg CO ₂ eq	Valor Económico \$ Ha
Finca 12	0,56	9,23	1113,34	102,76	377,12	5656,82
Finca 2	0,43	9,72	869,32	84,48	310,03	4650,51
Finca 3	0,73	5,69	1451,64	82,53	302,90	4543,52
Bosque	0,54	7,63	1080,00	82,37	302,29	4534,38
Finca 8	0,68	6,06	1355,70	82,10	301,31	4519,60
Finca 1	0,41	9,97	817,88	81,56	299,32	4489,82
Finca 5	0,61	6,10	1221,12	74,55	273,59	4103,81
Finca 7	0,61	5,91	1214,74	71,83	263,63	3954,51
Finca 6	0,55	6,17	1109,76	68,44	251,19	3767,81
Finca 11	0,68	4,37	1367,80	59,84	219,61	3294,11
Finca 4	0,63	4,63	1266,24	58,68	215,35	3230,27
Finca 10	0,62	4,51	1244,78	56,20	206,25	3093,70
Finca 9	0,65	4,08	1291,50	52,67	193,30	2899,48

Da: Densidad aparente del suelo; COT: Carbono Orgánico Total; Peso Ha Mg: Peso de la hectárea en Mega gramos; Mg CO₂: Mega gramo de dióxido de Carbono, \$ ha: Valor económico por hectárea.

Fuente: Elaborado por: Daniel Alvarez. (2019)

CAPITULO V.

5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los propietarios de la tierra presentaron un desconocimiento sobre los servicios ecosistémico que presta el recurso suelo y bosque, pero con una socialización clara y precisa pudieron tener una percepción. Al respecto destacaron que los servicios de abastecimiento de agua, producción natural de recursos alimenticios, control de erosión, biodiversidad y turismo son los más evidentes en el área de estudio.
- Con respecto a los indicadores estructurales, es decir, la densidad aparente, la conductividad hidráulica saturada, porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención, los valores obtenidos en estos análisis nos indican que no existen problemas de compactación, desarrollo de raíces, aireación, retención de agua y nutrientes en horizontes superficiales, por lo tanto quiere decir que el sustrato se encuentra condiciones favorables para ambos usos.
- Los resultados de los parámetros químicos en el suelo manejado con el cultivo de papachina están en óptimas condiciones para el desarrollo y crecimiento de la planta en el sector de Cajabamba 2. El alto contenido de nutrientes (N, P, K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2}) se debe a que en el área de estudio se viene utilizando grandes cantidades de abono orgánico (gallinaza), produciendo así una buena fertilidad del suelo, la cual debe ser considerado en futuros planes de fertilización. Por otro lado el bosque obtuvo un bajo contenido de nutrientes, que refleja la naturaleza de los suelos de la zona
- Al momento de realizar la valoración económica se identificó que el suelo presta un servicio ecosistémico, que pueden ser aprovechado por las instituciones y agricultores dueños de las fincas aledañas para acceder a un pago de servicio ambiental por la conservación del suelo y ayudar a desarrollar un ecosistema sostenible, mientras que el bosque presento valores moderados en el estudio.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar conferencias en la comunidad donde se pueda explicar que son los servicios ecosistémico, su clasificación y la valoración monetaria que se los puede dar, para que así los agricultores puedan sugerir la creación de una normativa donde se puedan respaldar y con ello obtener la autorización correspondiente para acceder a un pago de servicio ambiental por la conservación del suelo y bosque.
- Sugerir a los pobladores del sector de Cajabamba 2 que utilicen el abono orgánico (gallinaza), de forma rotativa tanto en áreas como cultivos, ya que si bien es cierto este proporciona una alta cantidad de nutrientes y mejora las condiciones de los indicadores estructurales del suelo, generando así un suelo productivo; sin embargo el exceso produce un exceso al suelo y cultivos debido a la alta concentración de Cloruro de Sodio.
- Proponer a los estudiantes de la carrera de Agropecuaria que desarrollen la investigación sobre los problemas que ocasiona el exceso de abono orgánico (gallinaza) en el recurso suelo y que generen valores críticos para no afectar al mismo.

CAPÍTULO VI

6.- REFERENCIAS

- Adhikari, K and Hartemink, A.E. (2016). Linking soils to ecosystem services: A global review. *Geoderma*, 262:101-111.
- Aguilera, A. (2014). Valoración de los Servicios Ecosistémicos de la vegetación urbana en una ciudad desértica. (Tesis de Maestría). Universidad Católica de Chile. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1P_V96SUOx5Zd8l8WPy29Prcwu7jBcJ6Q/view.
- Almenteras, D. y Rodriguez, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990, 17(2), 233 – 246.
- Álvarez, CR y M.A Taboada. (2008). Fertilidad física de los suelos. Segunda Edición. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 237 p.
- Alvarez, D., Huera, T., Barroso, R., Changoluisa, D., Ibarra, E., Alemán, R. y Bravo, C. (2017). Caracterización de la fertilidad química en un suelo manejado con el cultivo de la papachina (*Colocasia esculenta*) en el sector Cajabamba, provincia Pastaza.
- Ararat, M., Sinisterra, C., y Hernández, C., (2014). Valoraciones Agronómicas y de rendimiento en la cosecha de papa china (*Colocasia esculenta*) en el trópico húmedo colombiano, 5(2). Recuperado de file:///C:/Users/Personal/Downloads/1335-2457-1-SM.pdf.
- Barroso, R., Alvarez, D., Huera, T., Bravo, C. y Changoluisa, D. (2017). La fertilidad del suelo como un Servicio Ecosistémico en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*), en la provincia de Napo.
- Blake, G. R., & Hartge, K. (1986). Bulk Density. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (methodsofsoilan1), 363-375.
- Bravo Medina, C.; Marín, H.; Marrero-Labrado, P; Ruiz, M.E; Torres-Navarrete, B; Navarrete-Alvarado, H; Durazno-Alvarado, G y Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonía Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1): 23-36.
- Bravo, C., Ramirez, A., Marín, H., Torres, B., Aleman, R., Torres, R., Navarrete, H., Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana, (18)11.

- Bravo, C., D. Benítez, J.C. Vargas-Burgos, R. Alemán, B. Torres y Marín, H. (2015). Socio-Environmental Characterization of Agricultural Production Units in the Ecuadorian Amazon Region, Subjects: Pastaza and Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4 (1): 3-31.
- Bravo, C., Lozano, Z., Hernández, R., Piñango, L. y Moreno, M. (2004). Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz, *Bioagro*, 16(3), 163-172.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria, 33(2). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>.
- Caicedo, W. (2015). Valoración nutritiva del ensilaje de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta*) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. (Tesis de Doctorado). Ministerio de Educación Superior Universidad de Granma Instituto de Ciencia Animal. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/2419/1/T-SENESCYT-01218.pdf>.
- Caro, C., y Torres, M., (2015). Servicios Ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas, 19(2). Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1KFceHuKDZXpMrHBMctQwrgdIFvLv2el/view>.
- Casanova, E. (2005): Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela.- UCV. Consejo de Desarrollo Humanístico y Científico, Caracas. Venezuela. 481 pp.
- Eyherabide, M., Saínz, H., Barbieri, P., Echeverría, H., (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Cienc suelo Argentina*, 32(1), 13-19.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds), (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (5967), 812–818.
- González, F., López, M. y Minaya, M.T. (2014). La conductividad hidraulica de los suelos como funcion el contenido y de la tension hidrica, 16, 29-51.

- Gliessman, S. R. (2007). *Agroecology. The ecology of sustainable food system. Second Edition.* Taylors & Francis Group. *New York. United Sated*, 384 pp.
- Guevara, A., Álvarez, M., Braña, J. y Tovar, C. (2003). *Introducción a los servicios ambientales.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/304629727_Introduccion_a_los_servicios_ambientales
- Inzua, C. y Argandoña, W. (2015). *Usos de suelo en el aprovechamiento de sus recursos naturales en la microcuenca del rio carrizal. (Tesis de pregrado).* Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/222/1/TMA71.pdf>.
- Jardan, O., Torres, B. y Günter, S. (2012). *Influencia del uso de la Tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 1(3), 173-185.*
- Kumar, M., Kumar, P., (2008). *Valuation of the ecosystem services: a psycho-cultural perspective. Ecol. Econ. 64, 808–819.*
- Kutilek, L. y Nielsen, P. (1994). *Caracterización de medios porosos, 12, 25 - 45*
- Lozada, A. (2015). *Producción del Cultivo de Papachina (Colocasia esculenta) utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica. (Tesis de Pregrado).* Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5423/4/T-ESPE-IASA%20I-002856.pdf>.
- Lozada, S. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia “San José”.* Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1660013310001_PD%20Y%20OT%20PARROQUIA%20SAN%20JOSE%202015_30-10-2015_21-37-00.pdf.
- Martín, P. (2009). *"Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la provincia de Pastaza en la Amazonía ecuatoriana." Cultivos Tropicales 30(1): 00-00.*
- Martínez, E; J. Fuentes; P. Silva; S. Valle; E. Acevedo. (2008). *Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. Soil Till. Res, 99: 232–244.*

- McGrath, J. M., Spargo, J., & Penn, C. J. (2014). Soil Fertility and Plant Nutrition. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 166-184
- Nieto, C. y Caicedo, C. (2012). Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazónica Ecuatoriana. INIAP-EECA. Publicación Miscelánea No 405 Joya de los Sachas, Quito-Ecuador. 158 p.
- Noguera, M. y Vélez, J. (2011). Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos, 28,40-52.
- Palm, C., Sanchez, P., Ahamed, S., Awiti, A., (2007). Soils: a contemporary perspective. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32, 99–129.
- Pita, M. (2017). Propiedades Físicas de suelos sódicos, su impacto en el crecimiento y absorción radical en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Córdoba, España.
- Pla, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos. Dificultades y errores más frecuentes. I-Propiedades mecánicas. *Suelos Ecuatoriales*, 40(2), 75-93
- Power, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos. *Dificultades y errores más frecuentes. I-Propiedades mecánicas. Suelos Ecuatoriales*, 40(2), 75-93.
- Prieto, J., Rodriguez, A, Rosales, S, Madrid, R. y Mejía, M. (2013). Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Wild.) M. C. Johnst. con diferentes mezclas de sustrato. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(20), 50-57.
- Rios, A. (2012). Valoración económica de captura de carbono en el “cerro Chamusquín” año 2012. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3700/3/549X54.pdf>
- Salamanca, A. y Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4):381-397.
- Schulte, E., y Hopkins, B. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. *Soil organic matter: Analysis and interpretation(soilorganicmatt)*, 21-31.
- Tem, O. (2018). Caracterización agromorfológica y evaluación del rendimiento de tres cultivares de malanga (*Colocasia esculenta*, Schott), en Aldea Barrios, Nuevo San Carlos, Retalhuleu. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Mazatenango.

- Uvidia, H., J.L Ramírez; I. Leonard, J.C. Vargas, D Verdecia y M. Andino, (2015).Inventario de la sucesión vegetal secundaria en la provincia Pastaza, Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 16 (11): 1-8.
- Wunder, S. (2017). Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR). Recuperado de http://www.cifor.org/pes/_ref/sp/contactos/index.htm.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K. & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol. Econ.* 64, 253–260.

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS



Anexo 1: Sector Cajabamba 2 con sus respectivos cultivos de papachina, donde a su vez almacenan en lugares estratégicos para posteriormente ser comercializado el producto.



Anexo 2: Preparación de Kits para la recolección de muestras para evaluar las propiedades físicas y químicas.



Anexo 3: Preparación de las muestras recolectadas en el sistema de producción con papa china y bosque, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica (UEA).



Anexo 4: Análisis del pH, aluminio y acidez intercambiable de las muestras obtenidas del cultivo de papa china y Bosque, en el laboratorio de suelos de la UEA.



Anexo 5: Análisis del Nitrógeno Total, Fósforo, Calcio, Potasio y Magnesio de las muestras obtenidas del cultivo de papa china y Bosque, en el laboratorio de Bromatología de la UEA.

SERVICIOS DEL BOSQUE/SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON PAPACHINAS

ESTADO DEL SERVICIO (E)		TENDENCIA DEL SERVICIO (T)		GRADO DE CONOCIMIENTO (C)	
A	Alto	1	Mejora del servicio	A	Aceptable
M	Medio	2	Tendencia a mejorar	E	Escaso
B	Bajo	3	Sin tendencia	N	Nulo
I	Inexistente	4	Tendencia a empeorar		
D	Desconocido	5	Empeora el servicio		

Ficha de Diagnóstico de Servicios

Tipo de servicio	Servicio	E	T	C
<p>Abastecimiento Son los bienes y productos materiales que se obtienen de los ecosistemas (alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, petróleo, carbón, gas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Abastecimiento de agua de buena calidad Abastecimiento de agua para distintos usos Producción natural de recursos alimentarios Producción artificial de recursos alimentarios Producción de materias primas biológicas Producción de materias primas minerales Especies naturales de interés medicinal 			
<p>Regulación Beneficios resultantes de la (auto) regulación de los procesos ecosistémicos (mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, la purificación del agua).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Regulación hídrica Depuración de aguas Control de la erosión Regulación climática local (Secuestro de Carbono) 			
<p>Soporte Servicios y procesos ecológicos (de base) necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémicos (ciclo de nutrientes/formación de suelo, fotosíntesis/producción primaria, ciclo del agua).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ciclo de nutrientes (Fertilidad). Biodiversidad. Estructura del suelo 			
<p>Culturales Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas (enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, recreación).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Turísticos Educativos Paisajísticos y estéticos Identidad cultural y sentido de pertenencia, Religiosos y espirituales 			

Anexo 6: Encuesta realizada a los propietarios de los sistemas de producción con papachina.



Anexo 7: Análisis de los indicadores estructurales: densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de las muestras obtenidas del cultivo de papa china y Bosque, en el laboratorio de suelos.