

Capulí: la cereza negra de los Andes del Ecuador

Juan Carlos Carrasco Baquero
Verónica Lucía Caballero Serrano
Luis Felipe Lema Palaquibay

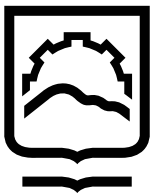


ESPOCH
2025

**CAPULÍ: LA CEREZA NEGRA
DE LOS ANDES DEL ECUADOR**

CAPULÍ: LA CEREZA NEGRA DE LOS ANDES DEL ECUADOR

**Juan Carlos Carrasco Baquero
Verónica Lucía Caballero Serrano
Luis Felipe Lema Palaquibay**



**Decanato
de Publicaciones**



esPOCH

Capulí: la cereza negra de los Andes del Ecuador

© 2025 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Panamericana Sur, kilómetro 1 ½
Decanato de Investigaciones
Decanato de Publicaciones
Riobamba, Ecuador
Teléfono: 593 (03) 2 998-200
Código Postal: EC0600155

Aval ESPOCH

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego
(*peer review*)

Director general

Juan Carlos Carrasco Baquero

Investigadores

Verónica Lucía Caballero Serrano

Luis Felipe Lema Palaquibay

Colaboradores:

Álvaro Acosta

Marco Daniel Ruiz Paredes

Miriam Lizbeth Lema Gualoto

Corrección y diseño:

Editorial Politécnica ESPOCH

Publicado en Ecuador

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio, sin
la previa autorización por escrito de los propietarios del *Copyright*

CDU: 574 + 634

Capulí: la cereza negra de los Andes del Ecuador

Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Instituto de Investigaciones

Decanato de Publicaciones, Año 2025

153 pp. vol: 17 x 24 cm

ISBN: 978-9942-51-374-8

1. Ecología

2. Horticultura en general. Árboles frutales

CAPULÍ: LA CEREZA NEGRA DE LOS ANDES DEL ECUADOR

**Caracterización morfométrica, bromatológica del fruto,
características físico-químicas y microbiológicas del suelo,
servicios ecosistémicos, método de escarificación
y propagación *in vitro*, ecosistemas donde se distribuye
y estrategias de conservación del capulí (*Prunus serotina capuli*)**

**Juan Carlos Carrasco Baquero
Verónica Lucía Caballero Serrano
Luis Felipe Lema Palaquibay**

CAPULÍ: la cereza negra de los Andes del Ecuador

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
Convenio de cooperación científica interinstitucional entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Espoch), Ecuador, y la Universidad de Georgia (UGA), EE. UU.

Proyecto de investigación: «Mejoramiento genético del capulí (*Prunus serotina* Ehrh. 1784) y su importancia en la economía agraria de los pueblos ancestrales andinos de Ecuador»

Director general

Juan Carlos Carrasco Baquero

Investigadores

Verónica Lucía Caballero Serrano

Luis Felipe Lema Palaquibay

Colaboradores:

Álvaro Acosta

Marco Daniel Ruiz Paredes

Miriam Lizbeth Lema Gualoto



ÍNDICE GENERAL

Introducción	17
Justificación	20
CAPÍTULO I	23
1. GENERALIDADES	23
1.1. Origen	23
1.2. Botánica	24
1.2.1. Raíz	25
1.2.2. Tallo	26
1.2.3. Hoja	27
1.2.4. Flor	28
1.2.5. Fruto	28
1.2.6. Semilla	29
1.3. Parámetros ambientales	29
1.3.1. Pluviosidad	29
1.3.2. Temperatura	30
1.3.3. Suelo	31
1.3.4. Altitud	32
1.4. Reproducción	33
1.5. Enemigos naturales	34
1.6. Amenazas y conservación	34
1.7. Distribución	35

1.8.	Etnobotánica	35
CAPÍTULO II		40
2.	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	40
2.1.	Diámetro polar y ecuatorial del fruto(horizontal y vertical)	40
2.2.	Peso del fruto	41
2.3.	Color del epicarpio	42
2.4.	Color de la pulpa	42
2.5.	Características morfométricas de la semilla	43
	2.5.1. Tipo de ápice	43
CAPÍTULO III		45
3.	CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS Y QUÍMICAS	45
3.1.	Características químicas	45
3.2.	Características bromatológicas	47
CAPÍTULO IV		49
4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA <i>P. serotina</i>	49
4.1.	Características químicas	50
	4.1.1. pH	50
	4.1.2. Materia orgánica	51
	4.1.3. Amonio	52
	4.1.4. Fósforo (P)	53
	4.1.5. Potasio (K)	53
4.2.	Textura y estructura	54
4.3.	Condiciones microbiológicas	54

CAPÍTULO V	58
5. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA ESPECIE <i>P. serotina</i> (CAPULÍ)	58
5.1. Servicio ecosistémico de apoyo	59
5.1.1. Fotosíntesis	59
5.1.2. Conservación de diversidad biológica	59
5.1.3. Formación de suelo	59
5.2. Servicio ecosistémico aprovisionamiento	60
5.2.1. Aporte productivo	60
5.2.2. Recursos genéticos	60
5.2.3. Tintes	60
5.3. Servicio ecosistémico de regulación	61
5.3.1. Mejoramiento de la calidad del aire	61
5.3.2. Regulación climática	61
5.3.3. Regulación de agua	61
5.3.4. Regulación de la erosión	61
5.3.5. Cortavientos	62
5.4. Servicio ecosistémico culturales	62
5.4.1. Belleza escénica	62
5.4.2. Aspectos culturales y simbólicos	62
5.4.3. Recreación	62
5.4.4. Medicinal	63
5.5. Sevicios ecosistémicos (SE) de la especie <i>P. serotina</i>	63
5.6. Metodología	64
5.7. Características sociodemográficas	65
5.8. Servicios ecosistémicos identificados de la especie <i>P. serotina</i>	66
5.8.1. Servicios de aprovisionamiento	66

5.8.2. Servicios de regulación	67
5.8.3. Servicios de soporte	68
5.8.4. Servicios culturales	69
5.9. Percepción de la importancia de los servicios ecosistémicos y sus tendencias	70
CAPÍTULO VI	78
6. ECONÓMICA DE <i>P. serotina</i>	78
6.1. Características socioeconómicas	78
6.2. Consumidores (población urbana)	80
6.3. Estructura de comercialización y actores involucrados en la cadena de mercado de capulí	80
6.4. Análisis de ingresos por la venta del capulí	83
CAPÍTULO VII	87
7. MÉTODO DE ESCARIFICACIÓN Y PROPAGACIÓN <i>IN VITRO</i>	87
7.1. Proceso de esscarificación	87
7.1.1. Colecta de frutos	87
7.1.2. Extracción de la semilla	88
7.1.3. Método de esscarificación	88
7.1.4. Tipo de sustrato	89
7.2. Factores de conservación	90
7.2.1. Viabilidad	90
7.2.2. Vigor	90
7.2.3. Longevidad	91
7.2.4. Estrategias	91
7.2.5. Sostenibilidad	92

7.2.6. Políticas	92
7.2.7. Entidades de apoyo a la conservación	93
7.3. Propagación <i>in vitro</i>	94
7.3.1. Micropropagación	94
7.3.2. Condiciones para realizar un cultivo <i>in vitro</i>	96
7.3.3. Medios para implementar un cultivo <i>in vitro</i>	97
7.3.4. Beneficios de los cultivos <i>in vitro</i>	98
7.3.5. Protocolo de propagación <i>in vitro</i> de <i>P. serotina</i>	98
CAPÍTULO VIII	101
8. ECOSISTEMAS DONDE SE DISTRIBUYE <i>P. serotina</i> CAPULI EN LOS ANDES CENTRALES DE ECUADOR	101
8.1. Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	102
8.2. Arbustal siempreverde y herbazal de páramo	102
8.3. Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes	102
8.4. Arbustal siempreverde	103
8.5. Bosque y arbustal semideciduo del norte de los valles	103
8.6. Bosque siempreverde montano del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes	104
8.7. Herbazal de páramo	105
8.8. Bosque siempreverde montano	105
8.9. Bosque montano alto	105
CAPÍTULO IX	108
9. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	108
9.1. Planteamiento operativo	110
9.2. Ejes estratégicos y definición de programas	111
9.3. Matriz de planificación de manejo	111

9.4.	Definición de proyectos	113
9.5.	Programas y proyectos	114
9.5.1.	Programa 1. Manejo de la biodiversidad	114
9.5.2.	Programa 2. Desarrollo local	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Especie <i>Prunus serotina</i> : raíz, tallo, hoja, flor, fruto, semilla y planta completa	25
Figura 1.2. Raíz de <i>Prunus serotina</i>	26
Figura 1.3. Tallo de árbol joven (izquierda). Tallo de árbol adulto (derecha)	26
Figura 1.4. Hoja de <i>Prunus serotina</i>	27
Figura 1.5. Flor de <i>Prunus serotina</i>	28
Figura 1.6. Fruto tierno o verde (izquierda). Fruto maduro (derecha)	28
Figura 1.7. Semillas de <i>P. serotina</i>	29
Figura 1.8. Riego de <i>P. serotina</i> en etapas tempranas de la planta para compensar la deficiencia de agua	30
Figura 1.9. Lluvia en la época invernal donde se distribuye <i>P. serotina</i>	30
Figura 1.10. Ecosistema andino donde se distribuye <i>P. serotina</i>	31
Figura 1.11. Agroecosistemas donde se distribuye <i>P. serotina</i>	32
Figura 1.12. Rango altitudinal donde se distribuye <i>P. serotina</i>	32
Figura 1.13. Reproducción de <i>P. serotina</i> por semillas	33
Figura 1.14. Reproducción vegetativa de <i>P. serotina</i>	33
Figura 1.15. Reducción de <i>P. serotina</i> debido a la intervención antrópica y avance de la frontera agropecuaria	34
Figura 1.16. Distribución de <i>P. serotina</i>	35
Figura 1.17. «Jucho» Bebida preparada en base a <i>P. serotina</i>	37
Figura 2.1. Medias del diámetro polar de <i>P. serotina</i>	41
Figura 2.2. Medias del ecuatorial de <i>P. serotina</i>	41
Figura 2.3. Peso de <i>P. serotina</i>	42

Figura 2.4. Color de los tipos de fruto de <i>P. serotina</i>	42
Figura 2.5. Tipos de ápice identificados en <i>P. serotina</i>	43
Figura 4.1. Características del pH del suelo donde se desarrolla <i>P. serotina</i>	50
Figura 4.2. Suelo donde se desarrolla <i>P. serotina</i>	52
Figura 5.1. Clasificación del VET de los servicios ecosistémicos de la especie <i>P. serotina</i>	64
Figura 5.2. Características sociodemográficas de las localidades en estudio	65
Figura 5.3. Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento	66
Figura 5.4. Servicios ecosistémicos de regulación	68
Figura 5.5. Servicios ecosistémicos de soporte	69
Figura 5.6. Servicios ecosistémicos culturales	70
Figura 5.7. Importancia percibida de los servicios ecosistémicos; a) muy importante, b) nada importante, c) no sé. Tendencia de servicios ecosistémicos; d) mejorando e) empeorando f) sin cambios g) no sabe.	71
Figura 6.1. Actividades de población rural con relación a la agricultura y comercialización de capulí	79
Figura 6.2. Diagrama de comercialización de capulí	80
Figura 6.3. Lugares donde compran capulí los consumidores	81
Figura 6.4. Productores y consumidores en la comercialización de capulí; tercera figura, relación de proporción entre productores y consumidores.	82
Figura 6.5. Comercialización, distribución y dificultades encontradas para la comercialización	83
Figura 6.6. a). Variables que determinan el precio del capulí en el mercado. b) Percepción de los ingresos generados por la venta del capulí	84
Figura 7.1. Colecta de frutos de <i>P. serotina</i> en estado maduro.	87
Figura 7.2. Proceso de secado en sombra de semillas de <i>P. serotina</i> .	88
Figura 7.3. Proceso de remojo de semillas de <i>P. serotina</i>	89
Figura 7.4. Sustrato 50% turba y 50% tierra negra ideal para procesos de germinación de <i>P. serotina</i>	90

Figura 7.5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).	93
Figura 7.6. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP	94
Figura 8.1. Ecosistemas de la provincia de Cotopaxi, donde se distribuye <i>P. serotina</i> capuli	101
Figura 8.2. Ecosistemas de la provincia de Tungurahua, donde se distribuye <i>P. serotina</i> capuli	103
Figura 8.3. Ecosistemas de la provincia de Chimborazo, donde se distribuye <i>P. serotina</i> capuli	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica	25
Tabla 3.1. Características químicas del fruto de <i>P. serotina</i>	45
Tabla 3.2. Características químicas del fruto de <i>P. serotina</i>	46
Tabla 3.3. Características bromatológicas del fruto de <i>P. serotina</i>	47
Tabla 4.1. Características químicas del suelo donde se desarrolla <i>P. serotina</i>	53
Tabla 5.1. Caracterización e identificación de los servicios ecosistémicos	63
Tabla 6.1. Características socioeconómicas de la población rural en las tres provincias	78
Tabla 6.2. Ingresos económicos por la venta de capulí en productores e intermediarios de las tres provincias	84
Tabla 9.1. Análisis FODA.	110
Tabla 9.2. Ejes estratégicos y definición de programas.	111
Tabla 9.3. Ejes estratégicos y definición de programas	111
Tabla 9.4. Ejes estratégicos y definición de programas	112
Tabla 9.5. Definición de proyectos	113
Tabla 9.6. Marco lógico	115
Tabla 9.6. Marco lógico	116
Tabla 9.8. Marco lógico del proyecto	118

INTRODUCCIÓN

El capulí es un árbol nativo de Norteamérica. En Sudamérica, se distribuye en las regiones andinas, especialmente en países como Ecuador, Perú y Colombia. *Prunus serotina*, subespecie *capuli* es una especie introducida. Su presencia se extiende desde los valles interandinos hasta las zonas montañosas. Desde tiempos precolombinos, las comunidades indígenas han valorado este árbol no solo por su belleza, sino también por los frutos que producen, que son comestibles y muy apreciados. Históricamente, el capulí ha estado integrado en la vida cotidiana de diversas culturas. Sus frutos, que maduran entre diciembre y abril, son recolectados y consumidos frescos, pero también se utilizan para hacer mermeladas, jugos, bebidas fermentadas y especialmente una bebida autóctona denominada «jucho». Este uso tradicional ha ayudado a mantener vivas las costumbres culinarias locales, convirtiéndolo en un símbolo de identidad, principalmente en poblaciones de los Andes centrales de Ecuador.

El capulí desempeña un papel crucial en los ecosistemas andinos. Constituye una fuente importante de alimento para muchas especies de aves y mamíferos, lo que contribuye al equilibrio ecológico. Además, el árbol ayuda en la conservación del suelo, evita la erosión y promueve la retención de humedad. Su presencia en el paisaje contribuye a la regulación del microclima local. Su floración, que ocurre en verano, atrae a diversos polinizadores, como abejas y mariposas.

Económicamente, el capulí tiene un potencial significativo. Su madera es apreciada por su durabilidad y belleza, siendo utilizada en la construcción y en la elaboración de artesanías. Además, el interés por el fruto de temporada y la elaboración de productos derivados del capulí ha aumentado en los últimos años, lo que podría ofrecer nuevas oportunidades para el desarrollo económico de las zonas rurales.

En este contexto, el presente libro está compuesto de nueve capítulos, los cuales buscan ampliar el conocimiento sobre esta especie de importancia ecológica, económica y sociocultural. De ahí que se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El capítulo I está enfocado a las generalidades, que abarca el origen, botánica, parámetros ambientales, reproducción, enemigos naturales, amenazas de conservación, distribución de la especie en el continente americano y los usos etnobotánicos enfocados en lo medicinal.

En el capítulo II, se analizan las características morfométricas del fruto como diámetro polar y ecuatorial, peso, color de la pulpa, color de la cáscara; y de la semilla, para la cual se caracteriza el diámetro polar, ecuatorial, peso y tipo de ápice que permite clasificar las variedades de capulí.

El capítulo III contiene resultados de los análisis de las características bromatológicas y químicas del fruto del capulí, evidenciando que esta especie posee un alto contenido de polifenoles, vitaminas como el potasio y el zinc, que contribuyen al correcto funcionamiento del cuerpo humano.

El capítulo IV se enfoca en las características físico-químicas del suelo donde se desarrolla el capulí (*Prunus serotina capuli*), enfocado principalmente en el pH, materia orgánica, amonio, fósforo y potasio. Además se determinó la textura, estructura y condiciones microbiológicas presentes en estos suelos.

En el capítulo V, se identifican los servicios ecosistémicos que percibe la población de las zonas rurales donde se distribuye el capulí. Esta identificación se basó en la metodología de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) (2005), donde clasifica los servicios en cuatro categorías: ecosistémico de apoyo, ecosistémico de aprovisionamiento, ecosistémico de regulación y ecosistémico cultural.

El capítulo VI trata sobre la importancia económica del capulí, que se enfoca principalmente en productores y vendedores intermediarios. La venta del capulí presenta características económicas prometedoras como producto alimenticio de buen sabor y de alto valor nutritivo. Tanto las familias de los productores cuanto los intermediarios en los mercados se benefician de la cosecha y venta, lo que les permite tener ingresos económicos estacionales en hogares rurales durante los meses de producción.

El capítulo VII trata sobre los métodos de escarificación y propagación *in vitro* para *P. serotina*. Se pudo determinar el método de escarificación que posee una efectividad del 90%, además, del tipo de sustrato adecuado para procesos de germinación. Se establece un protocolo adecuado para la propagación de *P. serotina*, que permita garantizar un proceso eficiente y controlado.

El **capítulo VIII** engloba los ecosistemas donde se distribuye el capulí en los Andes centrales de Ecuador, con el fin de identificar las características ambientales y geográficas idóneas para la distribución de la especie.

El **capítulo IX** está dedicado a determinar las estrategias de conservación del capulí, para lo cual se desarrolló un análisis FODA, en que se definieron los ejes estratégicos, programas y finalmente la determinación de proyectos.

JUSTIFICACIÓN

El siguiente estudio tuvo como objetivo determinar la caracterización morfológica, bromatológica del fruto, características físico-químicas y microbiológicas del suelo, método de escarificación y propagación *in vitro*, servicios ecosistémicos, ecosistemas donde se distribuye y estrategias de conservación de *Prunus serotina*, con la finalidad de comprender si existen características compartidas en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo que permitan desarrollar un plan de conservación que contribuya al patrimonio alimentario natural en los sitios de estudio.

El artículo 281 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) señala que el Estado promueve la soberanía alimentaria, en un marco que reconoce el derecho a la alimentación nutritiva, saludable y culturalmente adecuada, para lo cual se considera necesario incidir en las condiciones de producción, distribución y consumo de alimentos.

A su vez Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador (Senplades) (2015), menciona que la región interandina posee grandes extensiones de territorio que muestran sobreutilización del suelo, especialmente por los usos actuales y potenciales como la urbanización. También se suman factores como el agua, el viento y el uso agrícola intensivo de los predios, lo cual ocasiona la pérdida de suelo cultivable y erosión del mismo. Además, se debe tener en cuenta la deforestación, la tala de árboles silvestres asociadas a los cultivos y el incremento de monocultivos extensivos o cultivos de mayor rentabilidad económica con interés de estandarizar la producción, que ha derivado en que los agricultores presenten un desconocimiento y desvalorización de los cultivos tradicionales (Tapia y Morillo, 2006).

Intención

Cumplir con la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura» que dice: «Garantizar el uso, conservación e intercambio libre de semillas campesinas (nativas y tradicionales) y promover la producción, certificación y comercialización de semillas certificadas, por medio de la investigación y el fomento de la agricultura sostenible» (Asamblea Nacional, 2017) y seguir el Protocolo de Nagoya, aprobado en Ecuador en 2017, que enfatiza la sostenibilidad y tiene como metas la preservación de la diversidad biológica, la participación justa y equitativa derivada de la ventaja genética (Ahrén et al., 2013):

Finalmente, el presente documento constituye un conglomerado de la información generada de los resultados del proyecto de investigación institucional denominado «Diversidad y mejoramiento genético del capulí (*Prunus serotina*) y su importancia en la economía agraria de los pueblos ancestrales andinos» por medio del Instituto de Investigaciones y la Universidad de Georgia de Estados Unidos.



CAPÍTULO I 1. GENERALIDADES

1.1. ORIGEN

Prunus serotina capuli, conocido como cerezo criollo americano (*black cherry*) o capulí, nombre descende del vocablo *mahua capolli*, es un árbol proveniente de América, una especie originaria de México conservada desde antes de la llegada de los españoles (Vaugh, 1951). Fresnedo-Ramírez et al. (2011) consideran que, desde allí, se ha distribuido al resto del continente americano. Registros históricos muestran que el capulí fue trasladado desde México a diferentes partes de América Latina luego de la conquista española. Cabe considerar que los frutos de *Prunus serotina* de América del Norte se caracterizan por ser pequeños con un diámetro entre 6 mm y 10 mm; mientras que las variedades cultivadas en América Central y Sudamérica se caracterizan por producir frutos carnosos con un diámetro de entre 2 cm y 3,5 cm (Marqués, 1990).

La variedad de capulí que florece en Ecuador recibe el nombre de *Prunus serotina capuli* (Pairon, M. et al., 2010). De acuerdo con León (2000), el capulí (*Prunus serotina* Ehrh.) es una planta oriunda de los trópicos americanos que crece naturalmente sobre los 1200 m.s.n.m. Esta especie se ha cultivado probablemente desde tiempos precolombinos en la zona Andina de Perú, Bolivia y Ecuador.

Mille (1942) sostiene que, en Ecuador, el capulí se distribuye por toda la extensión del callejón interandino, entre los 1800 a 3400 metros sobre el nivel del mar, iniciando en la provincia del Carchi situada al norte hasta la provincia de Loja dispuesta al sur. Debe señalarse que los árboles de *Prunus serotina capuli* se encuentran distribuidos en mayor proporción en las provincias centrales de Ecuador, desde Cotopaxi hasta Azuay.

De acuerdo con Flores (2008), en Ecuador, no existen cultivos comerciales de capulí, aunque se encuentren plantas esparcidas por todas las provincias de la Sierra ecuatoriana. Conviene subrayar que Tungurahua es la provincia del Ecuador en donde los árboles de capulí tienen una mejor producción relacionada con la calidad de los frutos.

1.2. BOTÁNICA

La IUCN (2018) indica que la especie *P. serotina* tiene un estado de conservación de Preocupación menor (LC), mientras que Nature Serve (2018) considera, a escala global, que esta especie tiene un estado de conservación seguro (G5) (Acosta, 2019).

Es un árbol o arbusto con crecimiento monopódico, presenta un follaje caducifolio que varía de 5 m a 15 m de altura. Esta especie produce una sombra densa por su anchura, presenta forma ovoide, simples, alternas, cortamente pecioladas en forma oblonda-lanceoladas de 5 cm a 16 cm de largo (Acosta, 2019).

Los tallos son generalmente cilíndricos, de color marrón grisáceo y tienen muchos lanceolados dispersos, lo que les da una apariencia sólida (Conabio, 2012).

Spier y Biederbick (1980) describe que los árboles de esta especie presentan numerosas flores blancas de 2 cm a 2,2 cm de diámetro y de 7 mm a 10 mm de largo conformadas en racimos con peciolo largos de las cuales se desprende una fragancia peculiar. La flor posee un ovario unilocular y sésil, con dos óvulos y un estilo simple, que contiene un estigma peltado (Contreras, 2017; Acosta, 2019).

El fruto de esta especie es particular debido a que presenta una gran capacidad antioxidante (Vasco y Kamal, 2008) y alto contenido de minerales y proteínas, compuestos como el hiperósido y el ácido clorogénico que producen efectos antioxidantes, vasodilatadores y antihipertensivos, lo que podría considerarse ser potencialmente útil en tratamientos para la presión arterial alta (Vázquez *et al.*, 2013; Acosta, 2019).

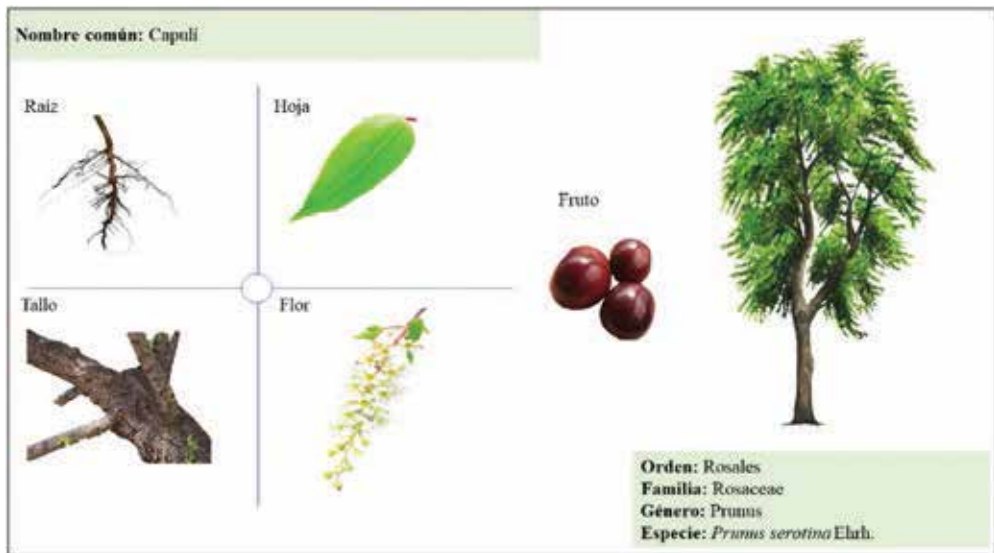
La capacidad de producción de frutas está asociada con el tamaño del árbol y su volumen. Cuanto mayor sea el número de racimos por brote, mayor será el número de drupas por racimo (Deckers *et al.*, 2008).

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Prunoideae
Género	Prunus
Subgénero	Padus
Especie	<i>Prunus serotina</i>

Fuente: Urcuango, 2014

Figura 1.1. Especie *Prunus serotina*: raíz, tallo, hoja, flor, fruto, semilla y planta completa

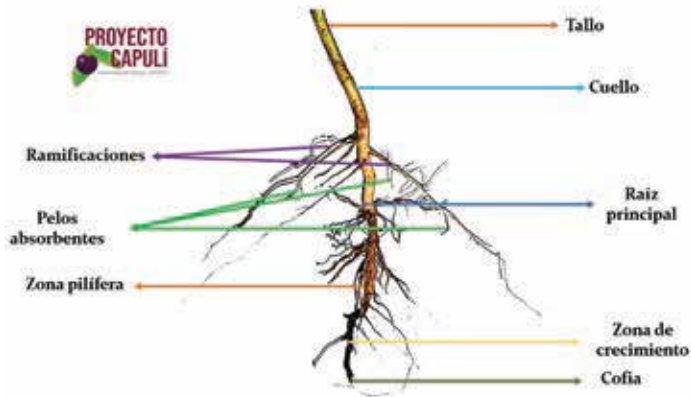


1.2.1. Raíz

Infante et al., (2008) sostiene que *P. serotina* posee un sistema radical extendido o regularmente profundo, donde la mayor cantidad de las raíces ocupan los primeros 60 cm del suelo y tienen un crecimiento rápido. Sus raíces son hipogeas (geotropismo positivo) para dar soporte, y cuenta con una raíz principal pivotante.

En sitios húmedos, la tendencia hacia un enraizamiento superficial es especialmente pronunciada. Debido a esta tendencia a crecer más que las especies asociadas en rodales mixtos, el capulí es vulnerable al viento, especialmente en suelos mal drenados y en edades más avanzadas (Hough, 1965).

Figura 1.2. Raíz de *Prunus serotina*



1.2.2. Tallo

Flores (2008) señala que el tallo de *P. serotina* es largo y recto con lenticelas, con una corteza agrietada de color pardo oscuro, y el tronco maduro se caracteriza por ser largo y recto en zonas boscosas, pero, en áreas despejadas, son cortos y anchos. Las ramas tiernas pueden ser pubescentes y de tonalidades grisáceas, llegando a tener un diámetro de aproximadamente 1,2 metros en su madurez. Este árbol puede alcanzar los 15-30 m de alto (Vázquez et al., 1999).

Figura 1.3. Tallo de árbol joven (izquierda). Tallo de árbol adulto (derecha)



1.2.3. Hoja

Longar (2004) describe que *P. serotina* posee hojas simples, alternas, organizado en forma de espiral. El tamaño del peciolo oscila entre 1 cm y 1,5 cm de longitud. Las láminas son de forma lanceoladas y curvadas de 5 cm a 16 cm de largo por 2 cm a 5 cm de ancho; además, presentan ápice agudo, borde aserrado y base aguda. Las hojas de esta especie muestran nervaduras secundarias de doce a catorce pares con un margen aserrado y brillantes, con ausencia de pubescencia en el haz y envés. Las hojas contienen concentraciones de compuestos cianogénicos tóxicos, lo que hace que la corteza interior tenga un notable aroma a almendra amarga.

Figura 1.4. Hoja de *Prunus serotina*.



1.2.4. Flor

Ostrom (2012) describe que las flores de *P. serotina* tienen la forma de una mazorca con apariencia de espiga, con espiguillas ligeramente pediceladas dispuestas a un solo lado del raquis. Cada una de las flores posee cinco pétalos simétricos, al igual que los sépalos; presenta un ovario unilocular con dos óvulos, rodeado de numerosos estambres simples y un único pistilo de 1 cm de longitud, en el cual porta ambos sexos (Andino, 2018). Se clasifican como flores terminales en racimo o cimas pequeñas colgadas de color blanco de polinización entomófila (realizada por insectos que visitan las flores en busca del néctar o el polen para su subsistencia).

Figura 1.5. Flor de *Prunus serotina*



1.2.5. Fruto

Según Sanjinés et al., (2006) los frutos de *P. serotina* son redondos de color negro, se organizan en racimos delgados, presentan la cáscara delgada de color rojo o vino, de pulpa jugosa, carnosas, con un sabor entre dulce y amargo. Su diámetro está los 12 mm y 20 mm; el peso promedio oscila entre los 2 g y 4 g. En Ecuador, la floración se da en los meses de agosto y septiembre y los frutos maduran entre los meses de enero y abril. Conabio (2012) señala que los frutos de la variante *P. serotina capuli* se caracterizan por ser drupas globosas, lampiñas, carnosas, de corteza fina y poseen una semilla que tiene un hueso duro. Al inicio de la etapa de maduración, el fruto es de color rojo oscuro y luego, adquiere una tonalidad negra rojiza.

Figura 1.6. Fruto tierno o verde (izquierda). Fruto maduro (derecha)



1.2.6. Semilla

De acuerdo con Calero (2011), el capulí solo tiene una semilla por fruto y es de color café, redonda, cubiertas por un endocarpio o hueso leñoso de sabor amargo. Cabe destacar que un árbol de capulí aloja entre 4000 y 6000 semillas, mismas que son impermeables al agua.

Las semillas de esta especie son esparcidas por las aves y algunos mamíferos. Pueden permanecer en el bosque hasta cinco años antes de germinar. Esto contribuye a la rápida propagación del capulí, especialmente después de la explotación del bosque (Loján, 2003).

Figura 1.7. Semillas de *P. serotina*



1.3. PARÁMETROS AMBIENTALES

1.3.1. Pluviosidad

La precipitación de las provincias evaluadas en la investigación varía entre los 710 mm y 2975 mm y está influenciada por la corriente marina caliente del Niño y la corriente fría de Humboldt. Asimismo, en Ecuador, se distinguen dos estaciones lluviosas, la primera que va desde marzo hasta junio y la segunda desde octubre hasta diciembre (Winckell et al., 1997; Borja, 2017). Sánchez et al. (2008) establecen que el consumo anual de agua del capulí es entre 2500 m³/ha y

4000 m³/ha. Los árboles de capulí muestreados para este estudio se encuentran en las siguientes provincias: 1) Cotopaxi, capital Latacunga, con un promedio anual de precipitación de 1946 mm; 2) Tungurahua, capital Ambato, con 1402 mm; y 3) Chimborazo, capital Riobamba, con 1462 mm. Los registros de las precipitaciones medias anuales de las provincias en estudio se encuentran disponible en CLIMATE-DATA.ORG (<https://es.climate-data.org/>).

Figura 1.8. Riego de *P. serotina* en etapas tempranas de la planta para compensar la deficiencia de agua



Figura 1.9. Lluvia en la época invernal donde se distribuye *P. serotina*



1.3.2. Temperatura

La temperatura de la Sierra ecuatoriana es muy variada debido a la presencia de la cordillera de los Andes y a las corrientes de aire que soplan por los valles y plani-

cies. En esta región, se localizan las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi que pertenecen al piso climático templado, con una temperatura promedio de 17 °C (Portilla, 2018). Según los estudios de Villavicencio y Vásquez (2008), la subespecie *Prunus serotina* cuenta con variedades locales presentes en estas provincias que han demostrado una mayor tolerancia al conjunto de variaciones meteorológicas, como el calor, la humedad, el frío y los estiajes prolongados. En las áreas de estudio, la temperatura oscila según el rango de altitud desde 22 °C en las zonas más bajas de la región interandina entre 1200 y 2500 m.s.n.m, hasta valores inferiores a 10 °C a partir de los 3200 m.s.n.m.

Figura 1.10. Ecosistema andino donde se distribuye *P. serotina*



1.3.3. Suelo

Luzuriaga (1996) menciona que los tipos de suelos presentes en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo son andisoles ricos en fósforo y aluminio asimilable; es decir, poseen suelos negros andinos donde su material parental está formado por ceniza volcánica y están ubicados sobre rocas ígneas de coloración oscura. Son suelos pedregosos, arenosos, franco arenosos y arcillosos húmedos, con un excelente drenaje. El capulí se produce en suelos pobres, incluso arcillosos, y parece preferir las tierras arenosas secas; por tanto, en los suelos andisoles, el capulí se adapta y se desarrolla sin ningún inconveniente (National Academy Press, 1989; Calero, 2011; Chisaguano, 2012).

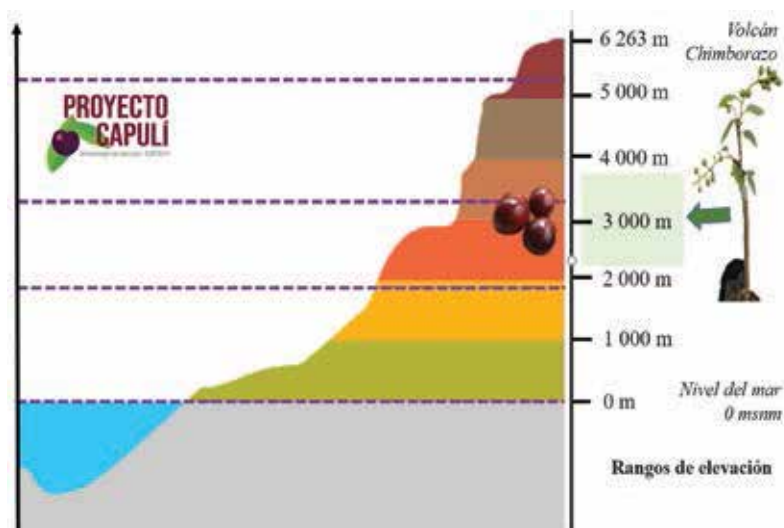
Figura 1.11. Agroecosistemas donde se distribuye *P. serotina*



1.3.4. Altitud

Según estudios realizados por ATLAS (2009), el capulí se distribuye en Ecuador en rangos de altura que oscilan entre los 2400 y 3900 m.s.n.m. Se ha podido evidenciar que conforme a que los árboles de capulí se encuentren a una mayor altitud, la cantidad y tamaño del fruto disminuirá y el árbol perderá su capacidad de producción.

Figura 1.12. Rango altitudinal donde se distribuye *P. serotina*



1.4. REPRODUCCIÓN

P. serotina tiene un sistema de reproducción mixta por succión de raíces, brotes vegetativos y semillas (Cronk y Fuller, 1995). Para la reproducción a partir de semillas, la especie es capaz de producir en grandes cantidades (aproximadamente 20000 semillas) (Cronk y Fuller, 1995). La planta puede empezar a florecer a los siete años y produce abundantes semillas donde recibe suficiente luz. En los rodales naturales, los árboles de treinta a cien años tienen la mayor producción de semillas, aunque el árbol puede vivir al menos 250 años (Starfinger 1991), pero Kowarik (1995) indicó que la producción de semillas comienza a una edad relativamente joven (alrededor de los siete años). Las semillas se dispersan por gravedad y por animales, y requieren estratificación en frío para germinar. Las semillas que han pasado por el tracto digestivo de las aves tienen tasas de germinación más altas que las no digeridas (Smith, 1975).

Figura 1.13. Reproducción de *P. serotina* por semillas



Figura 1.14. Reproducción vegetativa de *P. serotina*

1.5. ENEMIGOS NATURALES

Los patógenos y herbívoros que afectan la producción comercial de *P. serotina* incluyen los hongos *Armillaria mellea*, *Blumieriella jaapii*, *Coniophora puteana* y *Valsa leucostoma*. Se sabe que *Pythium spp*, un moho de agua, es responsable de las bajas densidades de plántulas cerca de los congéneres de *P. serotina* en su área de distribución nativa en suelos franco-limosos (Packer y Clay, 2003).

Insectos de varios órdenes se alimentan de *P. serotina*, incluidos *Myzus persicae*, *Diabrotica undecimpunctata*, *Anchotatus peruvianus* y *Oiketicus kirbyi* siendo estos insectos fitófagos que afectan principalmente a las hojas (Julcamoro, 2019).

1.6. AMENAZAS Y CONSERVACIÓN

Según Chucuri (2014), el desgaste genético representa una amenaza real para la diversidad de capulí que, junto al calentamiento global, ha producido alteraciones en su desarrollo funcional y productivo dentro de su propio hábitat. Además, se reporta que los agricultores llevan a cabo un mal manejo de especies forestales y tumban árboles de capulí porque causan sombra a los cultivos, lo que ocasiona, con el tiempo, una erosión genética de las especies forestales (Chucuri, 2014). Finalmente, Ucranajo (2014) señala que el capulí es un árbol que se encuentra riesgo porque se desconocen sus propiedades nutraceuticas (componentes nutricionales), que proveen beneficios para la salud de los seres humanos.

Figura 1.15. Reducción de *P. serotina* debido a la intervención antrópica y avance de la frontera agropecuaria



A pesar de su estatus como especie introducida en Ecuador, Guzmán et al. (2018) menciona que casi todas las partes del árbol del capulí tienen algún uso potencial y es necesario que se otorgue una debida importancia e inclusión en programas de conservación y aprovechamiento sostenible no solo enfocado en la alimentación, sino también en el aspecto maderero, remediación ambiental y forestal.

1.7. DISTRIBUCIÓN

Segura, et al. (2018) aluden a que *P. serotina* es una especie procedente de América del Norte. En Ecuador, se distribuye en toda la región interandina, desde la provincia de Carchi, localizado al norte del país, hasta la provincia de Loja, en el extremo sur (Intriago et al., 2013).

Figura 1.16. Distribución de *P. serotina*



1.8. ETNOBOTÁNICA

Para Fresnedo et al. (2011), *P. serotina* actúa como una especie pionera en ambientes alterados, dándole así un uso potencial para la regeneración de espacios estériles, antes intervenidos antrópicamente y que hoy se encuentran desprovistos de vegetación; sin embargo, la inserción descontrolada de *P. serotina* en espacios donde existe vegetación endémica puede alterar favorablemente los ciclos de

nitrógeno, fósforo y carbono, modificando la fotosíntesis de especies endémicas (Aerts et al., 2017). El capulí, en Estados Unidos, es plantado con el fin de aprovechar la madera (Downey y Iezzoni, 2000), apreciada por maestros ebanistas para la elaboración de gabinetes, mueblerías, carpintería arquitectónica y *veneers* (delgadas láminas de madera). En la actualidad, existe una alta demanda de madera de *P. serotina* de calidad y existe interés para implementar plantaciones con características genotípicas y fenotípicas superiores (Liu y Pijut, 2008).

Fresnedo et al. (2011) afirman que, en México, los productores de maíz de la región de Pátzcuaro utilizan árboles de *P. serotina* como cortaviento, y que, como resultado de esta actividad, las aves prefieren comer frutos de capulí en lugar de granos de maíz. Por lo tanto, la pérdida de la producción de maíz es mínima, debido a que el capulí actúa como distractor de estas especies perjudiciales para los cultivos. El estudio etnobotánico de *P. serotina* en el norte de Perú revela una rica historia sobre el uso de plantas medicinales, principalmente entre los curanderos tradicionales de la región. Se ha vinculado el uso de *P. serotina* con actividades antimicrobianas y antioxidantes, lo que subraya sus posibles beneficios terapéuticos, aunque las investigaciones farmacológicas siguen siendo muy limitadas (Food and Agriculture Organization, 2004).

Popenoe y Pachano (1922) señalan que, en Ecuador, el potencial del capulí relacionado con el valor etnobotánico ha sido importante en las culturas andinas del pasado, ya que su consumo y comercialización era alto, sobre todo los primeros meses del año, justo después de la temporada de maíz. Además, en la actualidad, las personas oriundas de la serranía ecuatoriana lo usan para preparar una especie de bebida llamada *jucho* (término *kichwa* para colada), el cual se cree que tiene relación con la fertilidad. Se prepara con capulí y duraznos, hervidos en almíbar con maicena para obtener una consistencia espesa. Según los *yachaks*, que son conocidos como las personas sabias de estas comunidades, el jucho es un alimento sagrado porque representa el color morado y porque la forma de los capulíes es similar a la de los ovarios, ambos símbolos de la fertilidad femenina (Diario El Comercio, s.f.). Adicionalmente, en la cosmovisión andina, el capulí es presagio de la fertilidad de la tierra. Al contar el número de frutas en un racimo, el *yachak* conoce la producción anual. Si hay siete o más capulíes en un grupo, el suelo será fértil y no faltará agua; cuando presenta menor cantidad, es señal de que habrá escasez y dificultades en las cosechas (Márquez, 2017).

En algunas comunidades indígenas de los andes centrales o grupos mestizos utilizan el capulí para preparar dulces con panela y coladas (MPC, 2013). En

algunos cantones como Cevallos, en la provincia de Tungurahua, y Pujilí, en la provincia de Cotopaxi, lo convierten en mermelada, jalea o vino (MPC, 2016).

Figura 1.17. «Jucho» Bebida preparada en base a *P. serotina*



Fuente: Muñoz, 2023

En Ecuador, específicamente en el cantón Guano, se tejen alfombras con un tinturado de la lana de forma natural con el fruto del capulí que produce un tono de café oscuro hasta el amarillo verdoso (Carretero y Campaña, 2016).

Al capulí se le ha dado usos medicinales desde antes de la llegada de los españoles. Se puede señalar que las partes del árbol de capulí como sus hojas y la corteza del árbol tienen una aplicación medicinal específica para curar enfermedades como diarrea e inflamaciones respiratorias asociadas con la tos, para casos de reumatismo, gripe, parto, a manera de parche sobre heridas, zonas afectadas de reumatismo, lesiones, fracturas y otros; en bebidas para curar heridas, contrarrestar el reumatismo y los sarpullidos. Las hojas sirven como abono del suelo, como sustrato para germinar el maíz antes de la elaboración de la chicha de jora. La bebida preparada con el extracto de sus hojas es diurética y expectorante; la corteza se usa contra las diarreas, el polvo de la corteza desvanece las facosclerosis de los ojos y cura las inflamaciones. La flor del capulí en infusión se bebe para acelerar las contracciones del parto. Los extractos o infusiones de las ramas, la corteza y las raíces se utilizan como tónico y sedante en el tratamiento de la tuberculosis y la neurastenia o debilidad neurológica (Jiménez et al., 2011; Guadalupe, 2012; Urcuango, 2014).

Tabla 1.2. Usos del capulí

Parte de la planta	Malestar	Proceso o forma de preparación
Hoja	Inflamaciones respiratorias	Se selecciona los brotes de las hojas. Se pone a hervir en una olla de agua por veinte minutos. Se realiza una nebulización por veinte minutos. Se realiza evaporaciones.
Flor	Contracciones en el parto	Se prepara a manera de infusión, haciéndola hervir por unos 15 minutos y mezclada con flor de alfalfa, semillas de zapallo, mamey y huesos de pescado. Se toma esta bebida con la finalidad de acelerar las contracciones en el momento del parto.
Corteza, ramas	Tisis pulmonar y debilidad nerviosa	Se recolectan partes de las ramas y la corteza del árbol. Se procede a realizar una infusión con la corteza y las ramas, la cual se debe tomar caliente.
Frutos	Tratamiento para aumentar la fertilidad	Se debe preparar la fruta lavándola con agua y quitando los tallos y hojas restantes. El durazno se corta en cuadritos medianos. Antes se debe poner a hervir agua en la cual se agregarán los duraznos, se debe esperar que se cocinen durante veinte minutos, para proceder a añadir el capulí y dejar que se cocine. Mientras tanto, se coloca la maicena en agua fría y se espera hasta que se disuelva. Se agrega la canela y la panela a la mezcla de durazno y capulí. Una vez que el capulí cambie de color (se vuelve verde), se agrega la maicena y mezcla hasta que espese. Cocine por unos 20 minutos o hasta que hierva.



CAPÍTULO II

2. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

La caracterización morfológica y la evaluación agronómica de los recursos fitogenéticos permiten describir y distinguir rasgos cualitativos y cuantitativos de múltiples individuos de una especie, en función a su utilidad, así como generar conocimiento técnico básico para el manejo como cultivo en determinadas zonas agroecológicas (Suárez et al., 2012).

2.1. DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL FRUTO (HORIZONTAL Y VERTICAL)

Los diámetros polar y ecuatorial del fruto de las 150 muestras variaron entre 2,33 cm y 1,23 cm, y entre 1,88 cm y 1,12 cm respectivamente. Estas medidas altas representan el fruto de mayor demanda comercial y las que proporcionan mayor ganancia para el productor. La media del diámetro polar del fruto por provincia demostró diferencias entre las localidades estudiadas, mostrando mayor tamaño en la provincia Tungurahua (TG) con 1,50 cm, mientras que el menor fue en Cotopaxi (CO) con 1,32 cm.

A propósito del diámetro ecuatorial, TG, con 1,66 cm, mostró ser el mayor tamaño, mientras que CO, con 1,47 cm, presentó el menor tamaño en relación con las tres provincias, con diferencias significativas ($p < 0,05$). Las dimensiones del diámetro polar del fruto fueron similares a lo reportado por McVaugh (1951) con intervalos de 1,2 cm a 2,0 cm, superior al reportado por Ruiz et al. (2018), quienes indican que el diámetro polar del fruto es de 0,94 cm y un diámetro ecuatorial de 1,67 cm, pero superado por lo reportado por Hlatky (1990), Jiménez *et al.* (2011) y Ríos *et al.* (2008), quienes indicaron el diámetro del fruto de 3,5 cm. Se puede asumir que esta variación de tamaño en el fruto de *P. serotina* está relacionada con una fase de elección y domesticación por aborígenes de México, América Central

y Sudamérica para diferentes usos relacionados con la alimentación y la medicina tradicional (Palacios, 2011).

Figura 2.1. Medias del diámetro polar de *P. serotina*



Fuente: Los autores

Figura 2.2. Medias del ecuatorial de *P. serotina*



2.2. PESO DEL FRUTO

El peso que garantiza un adecuado proceso de comercialización del fruto, pues el mercado prefiere capulíes con pesos superiores al estándar (2-3 g). Los resultados del peso del fruto superaron a los valores indicados en el estudio realizado por Ruiz et al. (2018), en el que se analizaron cien frutos de una muestra aleatoria de la población de capulí obteniendo un peso promedio de 1,69 g; sin embargo, fueron inferiores a los resultados reportados por Peopene et al. (1922) y Borja (2017), quienes indicaron que el peso promedio del fruto es de 3-4 g. La media del peso del fruto mostró diferencias significativas entre las tres localidades estudiadas, siendo mayor en las muestras de TG con una media de 2,76 g, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$); además se identificaron individuos con un peso de 9 g, asociados a una menor cantidad de frutos por árbol. Esta información confirma que algunas plantas frutales, en especial de la familia Rosaceae, producen frutos con mayor peso cuando existe menor número de frutos por planta (Ruiz et al., 2018).

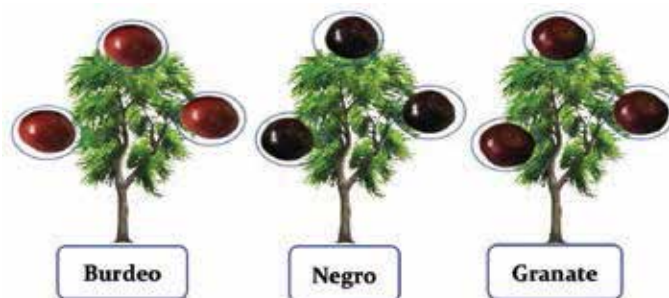
Figura 2.3. Peso de *P. serotina*



2.3. COLOR DEL EPICARPIO

El epicarpio forma la epidermis protectora del fruto que, frecuentemente, contiene glándulas con esencias y pigmentos. Según Freire (2020), la cáscara del capulí presenta ácido ferúlico, ácido cafeico, cianidina, catequina, ubiquinona, betacaroteno, kaempferol, procianidina y ácido p-cumarico. *P. serotina* presenta tres colores característicos; negro, granate y burdeo, siendo el último el predominante.

Figura 2.4. Color de los tipos de fruto de *P. serotina*



2.4. COLOR DE LA PULPA

Las muestras del estudio presentaron la pulpa jugosa de color *chartreuse yellow* y verde oliva característico en los Andes centrales del Ecuador.



2.5. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA SEMILLA

Tabla 2.1. Características morfométricas de la semilla de *P. serotina*

Características	Localidad		
	Chimborazo	Tungurahua	Cotopaxi
Diámetro ecuatorial (cm)	0,52	0,97	0,48
Diámetro polar (cm)	0,59	1,07	0,56
Área (mm)	23,42	25,18	20,31

2.5.1. Tipo de ápice

La caracterización de la semilla en relación con la forma del ápice determinó que *P. serotina* posee cuatro tipos de semilla sobre la base de noventa muestras analizadas. Se determinó que el 64 % pertenece al tipo *mucronate*; 14 %, *papillate*; *acute* con el 16 %; y el porcentaje más bajo, el 6 %, corresponde al tipo de ápice *beake*. Todo esto sobre la base de la caracterización del tipo de ápice para semillas propuesto por tomado Bravato, (1974) y Gunn, (1984).

Figura 2.5. Tipos de ápice identificados en *P. serotina*





CAPÍTULO III

3. CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS Y QUÍMICAS

Los análisis químicos-bromatológicos de los alimentos se enfocan en la determinación de diversos componentes, los mismos que tienen un sentido nutricional. Estos pueden ser digestibles en casi su totalidad, parcialmente digestibles e indigestibles. En algunas ocasiones, no es posible un determinismo total, ya que no se trata nunca de entidades químicas con similar fórmula estructural y, además, los enlaces que los ligan entre sí pueden afectar de manera considerable a la digestibilidad (Lozano, 2016).

3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Tabla 3.1. Características químicas del fruto de *P. serotina*

ID		Chimborazo	Tungurahua	Cotopaxi
mg/kg	Ca	200,22	155,33	122,42
	Cu	0,992	1,22	1,14
	Fe	7,809	7,5	5,66
	Mg	204,05	175,5	171,03
	Mn	1,058	0,78	0,61
mg EAA/kg	Poder antioxidante	702	908,33	796
	Polifenoles totales	1864	2730,44	2220,2

La tabla 3.1 muestra los análisis químicos del fruto de *P. serotina* correspondiente a las colectas realizadas en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi. El calcio varía entre 122,42 y 200,22 mg/kg en las provincias en estudio. Según menciona a Fresnedo (2007), la cantidad de calcio por cada 100 g de muestra corresponde a 45 mg, lo cual permite determinar que el capulí es uno de los frutos con mayor cantidad de calcio existentes, superiores a la naranja y al kiwi. El hierro oscila entre los 5,66 y 7,80 mg/kg aunque, según Buendía (1998), *P. serotina*

registró 1,42 g/100 g de hierro en promedio. En relación con el cobre, magnesio, manganeso, se presentan bajas concentraciones en el fruto del capulí.

El contenido total de polifenoles en *P. serotina* oscila entre 1864,00 y 2730,44 mg EAA/kg, esta abundancia se atribuye al aumento de los azúcares (°Brix) en términos químicos, los polifenoles se caracterizan por la existencia de uno o más anillos tipo benceno con radicales hidroxilos, generalmente acoplados a azúcares (glucósidos) (Badui, 1999); así, a mayor contenido de azúcar, más glucósidos y mayor contenido de polifenoles (Hernández, et al., 2012). Los efectos de los polifenoles se deben a sus propiedades antioxidantes. Estos compuestos tienen efectos vasodilatadores, pueden mejorar los perfiles de lípidos y reducir la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (Quiñones, et al., 2012).

Tabla 3.2. Características químicas del fruto de *P. serotina*

ID		Chimborazo	Tungurahua	Cotopaxi
mg/100 g	K	385,71	351,25	334,79
UI/100 g	Vitamina A	<0,1	<0,1	<0,1
mg/100 g	Vitamina B1	0	0,26	0,31
	Vitamina C	0,47	0,38	0,42
mg/kg	Zn	1,062	1,56	1,21
pH		4,76	5,24	4,73
°Bx		19,7°	17,22°	16,32°

La concentración de potasio (K) en el fruto de capulí es alta 334,79-385,71 mg/100 g superior al banano (358 mg/100 g), ciruela (81,20 mg/100 g) y uva (96,60 mg/100 g) (Luna, et al., 2013). La cantidad de zinc por cada kilogramos oscila entre 1,06 y 1,56 mg/kg, siendo relativamente baja, al igual que la vitamina A, vitamina B1, y vitamina C.

El pH oscila entre los 4,73 y 5,24, ligeramente ácido. Los sólidos solubles totales (°Bx) en las provincias en estudio se encuentran en el rango de 16,32°Bx – 19, 7°Bx, mismo que se relaciona con el estudio realizado por Vázquez (2018).

3.2. CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS

Tabla 3.3. Características bromatológicas del fruto de *P. serotina*

ID	Chimborazo	Tungurahua	Cotopaxi
Humedad (%)	18,34	22,09	19,69
Ceniza (%)	5,682	16,95	21,27
Fibra (%)	8,0536	7,48	7,12
Azúcares reductores (%)	0,0255	0,02	0,03
Proteína (%)	7,337	7,924	8,462

La tabla 3.3 muestra los análisis bromatológicos del fruto de *P. serotina* donde la humedad correspondiente a las colectas realizadas en las provincias no presenta diferencia significativa. Estos resultado son superiores a otros estudios a excepción de los presentados por Luna et al., (2013) y Centeno (2013); humedad 77,2 %; proteínas 1,3 g; fibra 0,6 %, ceniza 0,6 % y valor energético 81 kcal/100 g para el fruto maduro. Es probable que el estado de maduración del fruto, las condiciones geográficas y el estado de conservación hayan influido en una variación en los estudios.



CAPÍTULO IV

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO DONDE SE DESARROLLA *P. serotina*

El suelo, al ser el límite exterior de la corteza terrestre, es uno de los componentes más importantes donde se desarrolla todo ecosistema, constituyéndose así como el recurso natural más básico (Fuente, 2007). La calidad del suelo inicia con la identificación de las funciones que desempeña, como fertilidad, productividad, sustentabilidad y calidad ambiental. No obstante, a pesar de su gran importancia, la ciencia del suelo no está lo suficientemente clara para definir lo que se entiende por calidad (Lal y Stewart, 2023).

Su desarrollo y formación es un proceso complejo que involucra componentes físicos, químicos y biológicos de la roca madre (Andino, 2018). Los Andes de Ecuador poseen suelos singulares originados por la acumulación continua de ceniza volcánica (Espinosa, 2008; Pilco, 2018), lo cual provoca que sean muy productivos y facilita la producción de diversos alimentos para un amplio segmento de la población (García y Vollman, 2015). Los suelos no solo proporcionan la base física para muchas actividades humanas, sino que también contienen una parte importante de la diversidad biológica (Labrador, 2008). En las últimas décadas, dado al uso de productos químicos, fertilizantes y pesticidas, ha provocado una reducción de la biodiversidad microbioma del suelo (Hernández y Salas, 2009). Por ello, hoy el impacto de la agricultura intensiva en los cambios en las características fisicoquímicas del suelo se considera una de las principales causas de cambios negativos en su microbioma (Hernández et al., 2017).

Los indicadores de las propiedades estructurales y microbianas del suelo son propiedades edáficas que brindan evidencia del estado y tendencias de este ecosistema (Cohen et al., 2006). Las relaciones entre los diferentes grupos tróficos y funcionales antagónicos de la mesofauna del suelo deben considerarse indicadores más que constantes (Socarrás, 2013), que con las propiedades químicas y físicas pueden generar evidencia de perturbaciones

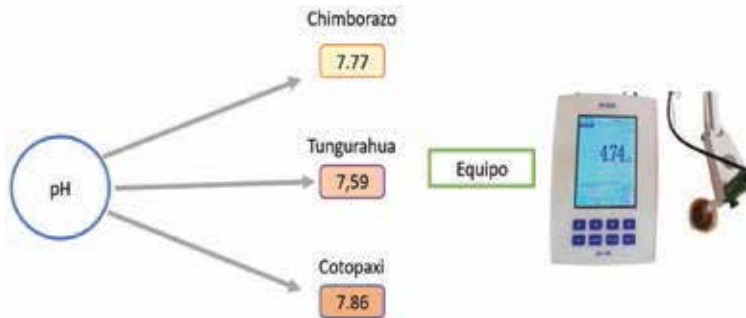
ambientales y enmascarar diferencias importantes en las condiciones ambientales (Hargreaves et al., 2003).

4.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.1.1. pH

La calidad del sustrato en relación con el pH adecuado permite la descomposición de la materia orgánica y produce biomasa microbiana misma que crea un flujo crítico, para ejercer un embate abrumador en el tamaño, la actividad y la constitución comunitaria de la microbiota del suelo (Kuyper, 2005).

Figura 4.1. Características del pH del suelo donde se desarrolla *P. serotina*



El pH del suelo en las tres provincias de los Andes centrales fue moderadamente básico o levemente alcalino, fluctuando entre los 7,59 y 7,86; los suelos del callejón interandino de Ecuador son ligeramente ácidos debido a que contienen una menor concentración de bases (García y Vollmann, 2015); al mismo tiempo, a medida que se incrementa la altura, la acidez es levemente mayor (Benavides, 2000). Hay que considerar también que la acumulación de la materia orgánica acidifica el suelo (Raymond y Nyle, 2017), y respalda los resultados presentados con relación a la baja acumulación de materia orgánica y pH ligeramente alcalino. El pH tiene un impacto directo en las comunidades microbianas debido a limitaciones fisiológicas sobre el crecimiento microbiano, pero no todos los grupos responden de igual manera a los diversos cambios ambientales (Fernández et al., 2011). Además, se estima que las sales orgánicas provenientes de restos vegetales aumenten el pH del suelo (Li et al., 2011).

El pH del suelo constituye es un factor clave en la composición de la comunidad fúngica, y los cambios en la composición de la comunidad bacteriana son el resultado de los efectos interactivos del pH del suelo y la calidad del sustrato (Lu et al., 2015). No obstante, un alto rendimiento en la producción se puede conseguir mediante el uso de abonos inorgánicos en suelos alcalinos, mientras que la productividad de los suelos ácidos debe mantenerse mediante enmiendas orgánicas para contrarrestar la acidificación utilizando fertilizantes inorgánicos (Ning et al., 2020).

4.1.2. Materia orgánica

La materia orgánica (MO) es una de las propiedades importantes porque no solo sirve como fuente de energía para los microorganismos del suelo, sino que también actúa como amortiguador contra los cambios químicos y físicos en el suelo (Merrit et al., 2016). Su formación consiste en una mezcla de residuos vegetales y animales en diversos estados de descomposición, sustancias sintetizadas como resultado de reacciones microbianas y químicas, biomasa de microorganismos vivos del suelo y otra fauna que lleva a cabo procesos bioquímicos relevantes (Lal, 2007).

Las provincias en estudio demuestran porcentajes bajos de MO, siendo la provincia de Chimborazo la que muestra niveles más bajos con un promedio de 0,55 %, lo cual es característico de suelos de textura árida. La precipitación o la lluvia son uno de los componentes básicos que condicionan de manera natural la concentración de materia orgánica de estos tipos de suelos (Hagin et al., 1983).

La presencia de MO en el suelo cumple la función de controlar el abastecimiento y reserva de nitrógeno y de nutrientes, lo que tiene una estrecha relación con la fertilidad del suelo y sus indicadores biológicos, conocida también como biomasa microbiana (Vallejo, 2013).

El cultivo juega un papel importante en el declive porque establece un nuevo equilibrio en respuesta al aumento del cultivo y la erosión (León y Etchevers, 1999). Además, las malas prácticas de cultivo y agricultura afectan los suelos, muchos de los cuales ya no son adecuados para la producción agrícola. Por lo tanto, comprender los mecanismos que regulan la formación y el mantenimiento de la

materia orgánica del suelo es importante para gestionar la salud y la producción del suelo, para una alimentación sostenible (Haddix et al., 2020).

Todas las muestras examinadas presentan suelos no salinos, debido a que naturalmente los suelos analizados no se encuentran cercanos a las costas marinas. Existe lluvia o una buena capacidad de riego de agua. Los suelos arenosos se ven beneficiados, ya que permiten que las sales se lixivien a capas inferiores, lo que impide su acumulación en la zona radicular (López et al., 2003). Además, la cantidad de riego de agua debe ser idóneo para satisfacer los requisitos de los cultivos sin provocar acumulación de sales (Endo et al., 2000b).

Además, la conducción a través de la arena se produce mediante canales entre los granos de arena, que desempeñan poco o ningún papel en el mecanismo de conducción (Sophocleous et al., 2020).

Figura 4.2. Suelo donde se desarrolla *P. serotina*



4.1.3. Amonio

Con relación a la concentración de micronutrientes, el $\text{NH}_4\text{-N}$ presenta niveles bajos en las tres provincias en estudio. Las pérdidas de nitrógeno debido a la volatilización, erosión, nitrificación y desnitrificación son comunes en suelos secos (Peterjohn y Schlesinger, 1991), donde un pH elevado juega un papel importante en la volatilización del amonio, sobre la base de los resultados de laboratorio donde se demuestra que suelos alcalinos presentan bajos niveles de nitrógeno (N). Aunque el N es uno de los elementos más importantes en los cultivos, cabe señalar que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados provoca la desnitrificación (Vivar et al., 2008).

4.1.4. Fósforo (P)

Fue alto en las provincias en estudio. Se han publicado investigaciones que muestran la importancia del suelo andisol y su capacidad para fijar fósforo, pero no está muy accesibles para las plantas (Apcarian y Irisarri, 2011), razón por la cual los agricultores agregan grandes cantidades de fertilizantes fosfatados para compensar esta deficiencia (Ulloa y Jorgensen, 2016).

El fósforo es un elemento que se halla en las apatitas de fosfato natural. La mayor parte del fósforo en los ecosistemas terrestres reside en el suelo (Rincón y Gu-tiérrez, 2012), y entre un 15 % y un 80 % se libera como fertilizante mediante la meteorización, la lixiviación, la erosión y la producción industrial (Fernández, 2017).

El fósforo no es asimilable en la mayoría de los suelos y forma elementos orgánicos o inorgánicos complejos; por lo tanto, se vuelve insuficiente para el reino vegetal y se encuentra limitada su producción (Parra et al., 2004); sin embargo, todos los organismos presentes en el sustrato desempeñan un papel en el mantenimiento del equilibrio ecológico de este ecosistema y apoyan el crecimiento de las plantas por medio de una variedad de mecanismos; entre ellos, se identificó que el género bacteriano *Bacillus* sirve como potencial solubilizador de este elemento (Ramírez et al., 2014).

4.1.5. Potasio (K)

La acumulación de potasio fue estable en Tungurahua y Chimborazo y elevada en la provincia de Cotopaxi. Los suelos cuyo origen son las cenizas volcánicas no sufren por falta de K debido a la diferente composición mineral (Henaó y Hernández, 2002). Además, los suelos arenosos tienen la capacidad de aumentar los niveles de K más rápidamente que los suelos con alto contenido de arcilla (Montoya et al., 2007).

Tabla 4.1. Características químicas del suelo donde se desarrolla *P. serotina*

ID	pH	% M. O	Cond. Eléc.	N-NH ₄ (mg/l)	P (mg/l)	K (Meq/100 g)
Cotopaxi	8,04	0,71	576,8	2,78	68,69	0,63
Tungurahua	7,62	0,75	452,8	2,88	69,38	0,41
Chimborazo	7,76	0,55	441,25	2,54	73,14	0,35

4.2. TEXTURA Y ESTRUCTURA

Todos los suelos examinados presentaron una estructura suelta, sin agregados visibles y no mostraron tendencia a la aglomeración. La mayoría presentaba una textura franco-arenoso en un alto número de muestras, debido a que son suelos formados por restos piroclásticos de origen volcánico, arena y limo con muy bajas concentraciones de arcilla (Zúñiga, 2018).

En los espacios con pendientes, estos suelos suelen perder su firmeza de manera gradual, comúnmente por el paso de los años, debido a las variaciones estacionales de la propia naturaleza (Smethurst et al., 2011). En época de lluvias extremas, el suelo se satura y la formación de meniscos en contacto entre partículas reduce o elimina el estrés hídrico, lo que lleva al colapso húmedo (Me-rriott et al., 2016).

4.3. CONDICIONES MICROBIOLÓGICAS

Tabla 4.2. Unidades formadoras correspondientes a colonias/gramo de suelo de bacterias, hongos y actinomicetos donde se desarrolla *P. serotina*

ID	Chimborazo	Tungurahua	Cotopaxi
Nemátodos/50 g suelo	30	25	26
Hongos	26 346	10 789	4080
UFC/g actinos	3054	7466a	12 079a
UFC/bacterias	55 596,9	172 360,0	195 944,61

El comportamiento general de bacterias y hongos en las tres provincias es bajo y la fluctuación de materia orgánica en los resultados de los análisis también fue baja. Ambos factores están estrechamente relacionados con los cambios en la biomasa y la actividad microbiana, debido a que los organismos producen materia orgánica que se descompone (Gasca et al., 2011).

Solo las muestras PserCO31 (Cotopaxi) y PserTU43 (Tungurahua) presentaron poblaciones fúngicas correspondiente a un nivel medio del límite de referencia, mientras que las demás muestras presentaron poblaciones fúngicas por debajo del límite de referencia. La calidad del suelo, a diferencia de la precipitación

anual, no es un factor importante en la estructura comunitaria de las comunidades fúngicas (Smethurst et al., 2011).

Todas las muestras mostraron poblaciones bajas, en comparación con el segundo grupo más numeroso de microbios (Actinomycetes), que representan entre el 20 % y 60 % de la población microbiana de la totalidad del suelo (Kennedy et al., 2009; Leiva et al., 2006). Estos organismos, por medio de la producción de varias hidrolasas y enzimas lignocelulosa, juegan un papel fundamental en la descomposición del material orgánico y el ciclo del carbono (Usha et al., 2011). Las poblaciones de actinomicetos optan suelos con valores de pH relativamente alcalino (Herve et al., 1994); sin embargo, la población cambia cuantitativamente por la falta de materia orgánica y fertilizantes. (Álvarez y Manuel, 2004).

En la caracterización de las muestras PserTU43 (Tungurahua), PserCH108 (Chimborazo) y PserCH113 (Chimborazo) no se logró identificar poblaciones de nemátodos, pero sí de protozoos y otros anélidos. Los nemátodos con características morfológicas correspondientes a los géneros *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Paratylenchus* y *Pratylenchus* se encontraron con mayor frecuencia en las muestras de suelo analizadas debido a que se desarrollan mejor en zonas con suelos arenosos; sin embargo, estos organismos son muy susceptible a la deficiencia de agua y la escasez de cultivos (Sikora y Silva, 2005).

La población de nemátodos excedió los límites de tolerancia en todas las muestras, especialmente en el género *Meloidogyne*, que representa una plaga especial debido al desarrollo de sofisticadas interacciones con las raíces de la planta hospedera que inducen la generación de células multinucleadas gigantes y agallas (Taylor y Sasser, 1983; Jones et al., 2001; Sánchez, 2007; Rodríguez et al., 2005; Perry et al., 2009). Este género se encuentra en la mayoría de los cultivos y se cree que es un endoparásito de cientos de especies de plantas, incluidas plantas importantes desde el punto de vista agronómico, debido a su naturaleza parasitaria de raíces.

Las plantas infectadas por *Meloidogyne* pueden tener problemas para filtrar el agua y los nutrientes, lo que resulta en un crecimiento y desarrollo retardado, hojas marchitas, amarillentas y necróticas, por lo que la floración se puede reducir y, consecuentemente, el número de frutos (Dagatti et al., 2014). Estos síntomas aparecen antes en verano que en otras estaciones debido a la necesidad de más nutrientes y agua (Ornat y Sorribas, 2008).

Los nematodos del género *Pratylenchus* son parásitos internos que ingresan al sistema radicular y se alimentan de las células. Los poros de las raíces son por donde entran los hongos y bacterias patógenos, lo que empeora en mayor grado al sistema radical de la planta. Los nemátodos *Ditylenchus* son parásitos que afectan a las plantas de forma irregular, las hojas se acortan, se espesan, se rizan, cambian de color y finalmente caen al suelo. Además, las escamas de los bulbos se agrietan longitudinalmente y la raíz está casi completamente ausente. Durante las estaciones secas, los bulbos se deshidratan y, si la humedad es demasiado alta, los bulbos se pudren y desarrollan lesiones, lo que permite la introducción de otros patógenos del suelo que prefieren la descomposición.



CAPÍTULO V

5. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA ESPECIE *P. serotina* (CAPULÍ)

Los servicios ecosistémicos (SE) se refiere a los servicios que, de manera directa o indirecta, benefician a los seres humanos debido a las distintas relaciones que se producen en los ecosistemas (Retamal et al., 2008). Asimismo, el estudio de los SE facilita impulsar el interés de los grupos sociales para la conservación (Camacho y Ruiz, 2012).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2024), los servicios ecosistémicos benefician directa e indirectamente a los agroecosistemas. Son relevantes para los bienes producidos y les agregan valor, al regular procesos ecosistémicos como la calidad del aire y el agua, el clima, la producción de oxígeno, la polinización y el reciclaje de nutrientes. Proporcionan beneficios no materiales a la calidad de vida, como el ocio y el turismo y las experiencias estéticas.

La definición de SE también tiene orígenes ecológicos y socioculturales: en primer lugar, diferentes procesos y funciones ambientales crean la disponibilidad de diferentes servicios y, en segundo lugar, las personas crean la demanda y el uso de estos servicios por diferentes razones, según su entendimiento, como beneficio propio o del grupo social (Cerdeira y Tironi, 2017).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) (2005) evaluó las consecuencias de los cambios provocados en los ecosistemas para generar bienestar humano y además las bases científicas para generar acciones necesarias para el mantenimiento eficiente y el uso sustentable de los recursos.

MEA (2005) propone un sistema de clasificación con objetivos operativos centrados en cuatro áreas funcionales en un marco conceptual que incluye apoyo, aprovisionamiento, regulación y servicios culturales.

Dado que la especie de estudio (*P. serotina*) se presenta como un árbol nativo de América, se buscó identificar servicios o beneficios ecosistémicos como servicios de apoyo (generación del suelo y fotosíntesis) y servicios de regulación (mejora de la calidad del aire, regulación del clima, de agua y la erosión) evaluando a la especie sobre la base de los servicios ecosistémicos que proporcionan los árboles desde una figura general.

La identificación del conocimiento de la información botánica y etnobotánica de los grupos sociales de la especie en estudio permitió determinar los servicios de aprovisionamiento (refugio para especies de aves e insectos), de regulación (plagas, protección contra el viento) y culturales (valores estéticos)

5.1. SERVICIO ECOSISTÉMICO DE APOYO

5.1.1. Fotosíntesis

Implica el intercambio de CO₂ a través de las hojas en un extenso grado de condiciones ambientales (Co, concentración de CO₂, intensidad de la luz, humedad y concentración de oxígeno) (Farquhar y Berry, 2001).

5.1.2. Conservación de diversidad biológica

Las plantas y árboles tienen el potencial de proporcionar hábitat o refugio para las aves y fauna asociada (Corzo, 2010). También influye en la protección y gestión de organismos vivos, incluida la conservación de especies (Muñoz y Yáñez, 1997).

5.1.3. Formación de suelo

Los árboles y plantas de todo tipo son esenciales para la generación de suelo nuevo, a medida que la vegetación se deteriora o se pudre, mediante la acción de

microorganismos (FAO, 2015). Villarreyña-Acuña, Van den Meersche, Rapidel y Avelino (2016) argumentan que los árboles que generan sombra aumentan la materia orgánica del suelo. Esto debido a que posee una gran cantidad de hojas y ramas que contribuyen naturalmente al sistema, o al manejar los árboles mediante la poda.

5.2. SERVICIO ECOSISTÉMICO APROVISIONAMIENTO

5.2.1. Aporte productivo

AMB (2000), citado en Tatiana Céspedes (2007), apunta que el reino *Plantae* tienen la facultad de elaborar, en base a diferentes especies, medicinas, madera, forraje, alimento, leña, artesanías, tinturas.

5.2.2. Recursos genéticos

De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (1992), los recursos genéticos incluyen todo material de origen vegetal, microbiano, animal o de otro tipo que contienen unidades funcionales de la herencia.

Además, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2016) menciona que los recursos genéticos se han transformado en un elemento esencial para el desarrollo de investigaciones científicas y su importe en la generación de bienes y servicios para la humanidad, por lo cual su conservación y evaluación conforman un recurso importante para la nación (Page, 2016).

5.2.3. Tintes

Desde tiempos prehistóricos, los tintes naturales se han utilizado para teñir fibras naturales como el algodón, la lana y la seda, así como pieles y cueros. El uso de tintes naturales disminuyó con el descubrimiento de los tintes sintéticos en 1856. Sin embargo, el aumento de la conciencia ambiental creó un aumento en el interés por los tintes naturales (Merdan et al, 2017).

5.3. SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN

5.3.1. Mejoramiento de la calidad del aire

La radiación provoca el aumento de la temperatura, pero los árboles generalmente la regulan (Novak y Dwyer, 1998). La reducción de los árboles puede provocar una mayor contaminación del aire, un aumento del calor y cambios en los patrones de temperatura y precipitación (Reyes y Gutiérrez, 2010).

5.3.2. Regulación climática

Los árboles tienen un fuerte efecto regulador del clima, influyendo en la temperatura, la radiación solar, el viento, la humedad y la evaporación (Corzo, 2010). Muchos organismos se benefician de la sombra que proporcionan los árboles y de la retención de agua a largo plazo, especialmente los escarabajos, bacterias y hongos que habitan en el suelo (importantes en el proceso de descomposición de la materia orgánica) (Villarreyna et al., 2016).

5.3.3. Regulación de agua

Los árboles regulan los flujos de aguas superficiales y subterráneas, reducen peligros potenciales como deslizamientos de tierra, inundaciones y sequías y previenen la desertificación y la salinización (FAO). Según García (2018), los árboles permiten que el agua se filtre fácilmente al suelo, permitiendo reponer los recursos subterráneos.

5.3.4. Regulación de la erosión

Gracias a sus raíces, los árboles ayudan a estabilizar pendientes y prevenir deslizamientos (Corzo, 2010), controlar la erosión hídrica por lluvia, eliminar partículas finas como limo y arcilla, y luego provocan rápidos procesos de pérdida de volumen del suelo (Luz *et al.*, 2016).

5.3.5. Cortavientos

Los árboles y arbustos bloquean el viento, debido a que cumple una función de cortinas lo cual permite desviar y filtrar las corrientes de aire (Corzo, 2010). Esto va a depender siempre de la cantidad de follaje de las especies de árboles. Mientras más follaje, mayor será su influencia, al modificar la velocidad y dirección del viento (Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA) Hispana, s. f.).

5.4. SERVICIO ECOSISTÉMICO CULTURALES

5.4.1. Belleza escénica

Los árboles generan un marco vertical en el paisaje (La-Roca, s.f.) y tienden a crear armonía entre el espacio, la proporción, la jerarquía y el contraste, así como aspectos intangibles como las sensaciones que evocan en las personas debido a aspectos como el aroma de las hojas, flores y frutos, cual crea experiencias singulares (Ramos, 2010; Acosta 2019).

5.4.2. Aspectos culturales y simbólicos

A lo largo de la historia de la humanidad, los árboles que alguna vez fueron domesticados se han convertido en la fuerza impulsora de la civilización; así, la pérdida de la conciencia simple termina cuando vemos en el árbol no solo un ser vivo, sino también un símbolo sagrado, eje de cosmogonías y residencia de espíritus (Hormigos, 2013).

5.4.3. Recreación

Beneficio importante, ya que genera lugares para juegos, deporte, esparcimiento y áreas para la meditación y admiración de la naturaleza. Así se generan locaciones para talleres, educación ambiental y ecológica para la sociedad (Corzo, 2010).

5.4.4. Medicinal

Su uso medicinal se remonta a la época precolombina. Alivia cólicos, molestias reumáticas, dolores musculares y articulares. La infusión de las hojas ayuda en el parto, acelerándolo, posterior a ello, se usa mediante compresas antiinflamatorias. Las hojas tiernas se trituran y se mezclan con aceite de almendras y azúcar para tratar dolores de cabeza y heridas (MPC, 2013).

La clasificación de los servicios ecosistémicos de la especie *P. serotina* en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo se obtuvo a partir de un análisis y síntesis basados en fuentes primarias y secundarias como libros, artículos de revista científicas, etc. A partir de esta investigación y con la ayuda de la metodología de la Evaluación de los Servicios Ecosistemas del Milenio (MEA) (2005), se identificó un total de veintiún servicios ecosistémicos, tres de soporte, siete de aprovisionamiento, seis de regulación y seis culturales.

Tabla 5.1. Caracterización e identificación de los servicios ecosistémicos

Soporte	Aprovisionamiento	Regulación	Cultural
Refugio para aves e insectos	Alimento	Mejoramiento de la calidad de aire	Belleza escénica
Formación de suelo	Insecticida	Regulación climática	Mantenimiento de tradiciones
Fotosíntesis	Madera	Regulación de agua	Artesanías
	Leña	Regulación de la erosión	Mitos y leyendas
	Tintes	Cortaviento	Recreación
	Recursos genéticos	Regulación de plagas	Medicinal
	Estimulantes		

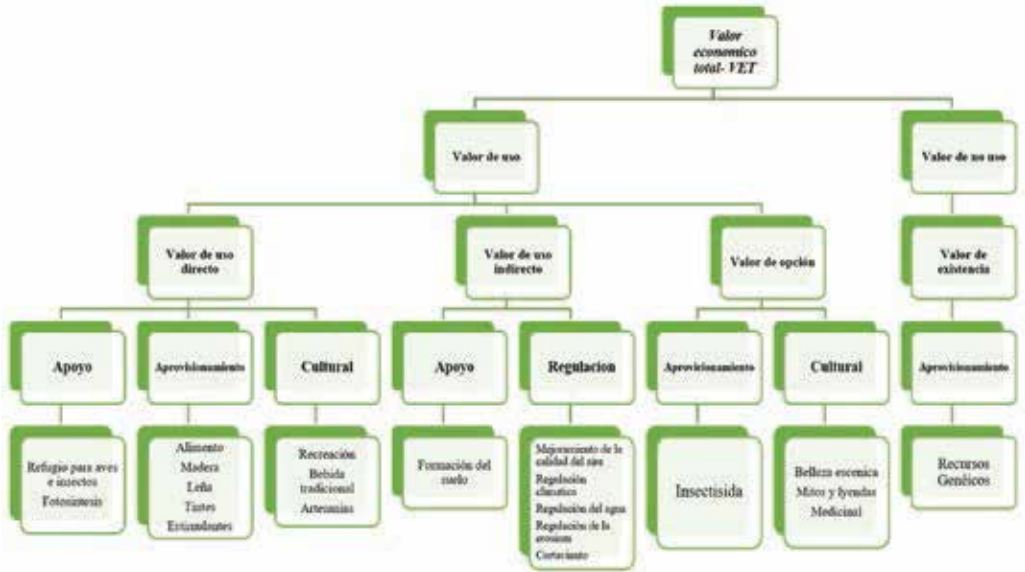
Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA), 2005

5.5. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SE) DE LA ESPECIE *P. serotina*

Los SE identificados y clasificados de la especie *P. serotina* contribuyen al bienestar de la sociedad en donde se desarrolla el árbol. Este bienestar está dado por las distintas formas de uso de los bienes y servicios ambientales, así como

también por su no-uso. Se menciona un valor de uso directo (cuando se adquiere un beneficio directo al usar un bien) y el valor de uso indirecto (cuando los bienes no se utilizan directamente, pero son esenciales para la producción de otros bienes o servicios que se usan). Además, los costos de uso directo se pueden dividir en costos de uso productivo (cuando disminuye la cantidad disponible de un bien) y costos de uso no productivo (como por ejemplo el turismo o el disfrutar de la belleza escénica de un paisaje) (Salgado *et al.*, 2015).

Figura 5.1. Clasificación del VET de los servicios ecosistémicos de la especie *P. serotina*



5.6. METODOLOGÍA

Los datos para esta investigación se obtuvieron de una encuesta presencial compuesta por siete preguntas, las cuales fueron aplicadas en diciembre de 2019 a un grupo social que comprendía a la población del sector rural donde se distribuye *P. serotina* en las provincias CO, TU y CH. La población se restringió a individuos mayores de quince años por ser el grupo poblacional que tiene mayor contacto con el uso y manejo de los recursos naturales en el área de estudio.

La población se determinó considerando la proyección de la población ecuatoriana para el año 2019 del censo 2010 del Instituto Nacional de Estadística y

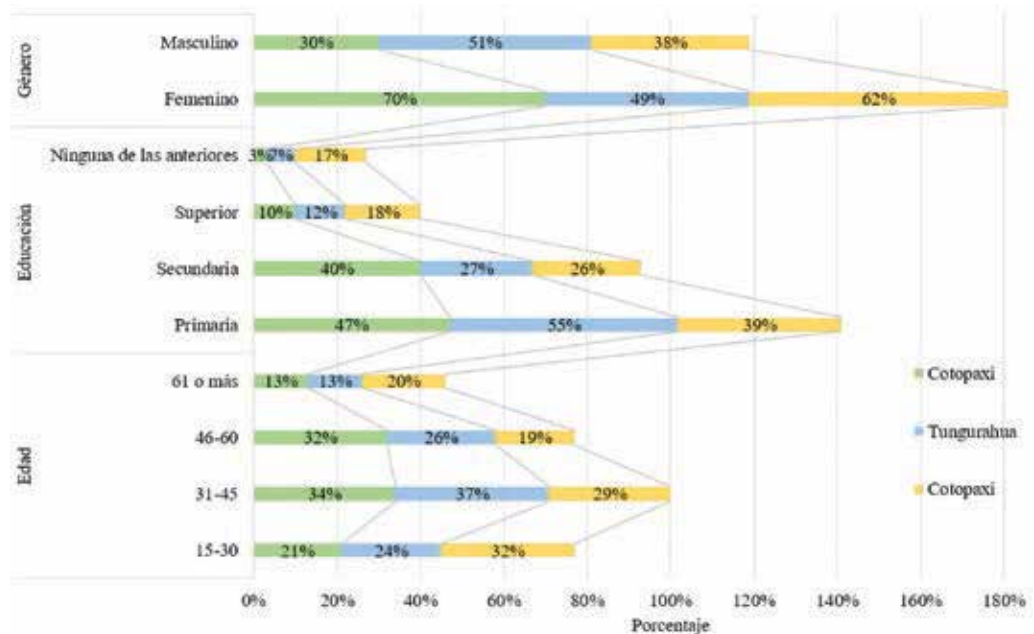
Censos Ecuador. Para ello, se consideró rural a la población de las provincias de los Andes centrales de Ecuador donde se distribuye la especie *P. serotina*. En CO, se contabilizaron 95 546 personas; en TU, 190 390 personas; y, en CH, 157 459 personas (Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, 2018).

El tamaño de la muestra de la población de estudio para cada provincia se calculó utilizando la fórmula para poblaciones finitas Lubov (1974), determinándose 588 encuestas.

5.7. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS

El 60 % de los entrevistados fueron mujeres; más del 33 % de ellas fueron de mediana edad (31-45 años) y solo el 15 % tenía más de sesenta años; adicionalmente, el 91 % de la totalidad de los encuestados ha cursado algún tipo de nivel de educación (figura 5.2). Algunos de los entrevistados desconocían sobre los SE; sin embargo, luego de explicarles a qué se refieren, los pobladores los identificaron. Además, mencionaron la importancia y bienestar que genera la especie *P. serotina*.

Figura 5.2. Características sociodemográficas de las localidades en estudio

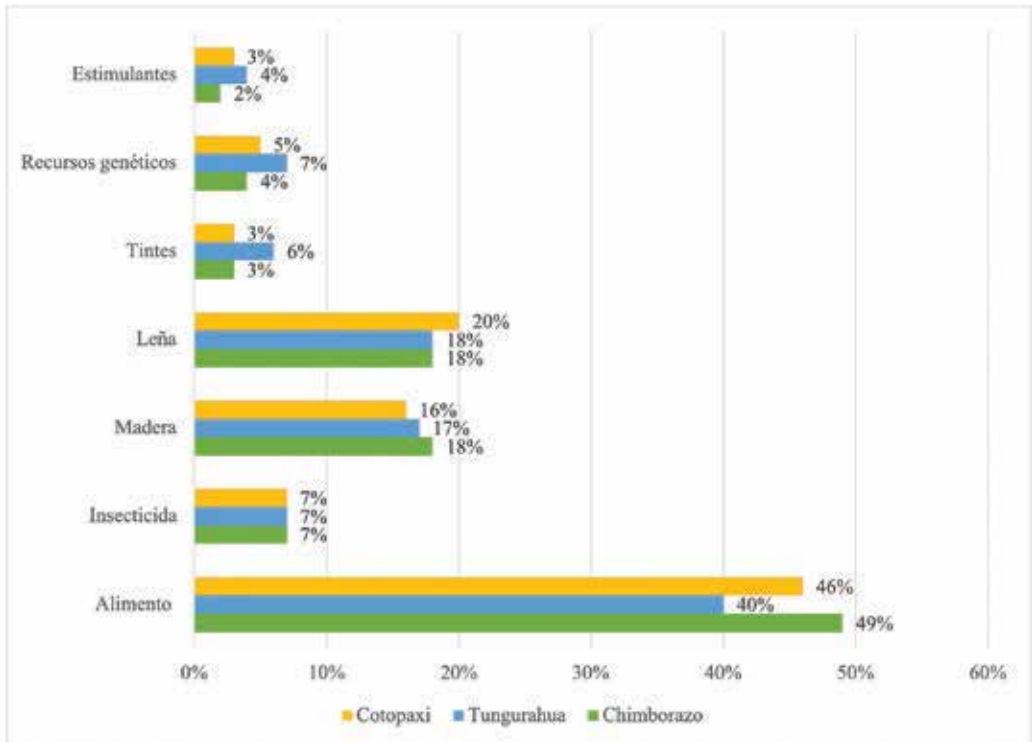


5.8. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IDENTIFICADOS DE LA ESPECIE *P. serotina*

5.8.1. Servicios de aprovisionamiento

En la provincia de Cotopaxi (CO), Tungurahua (TU) y Chimborazo (CH), la provisión de alimentos —con el 49 %, 40 % y 46 % respectivamente— ocupó el primer lugar en la priorización de los SE de aprovisionamiento, según la respuesta de los entrevistados. La principal utilidad que le dan al fruto se *P. serotina* es la preparación de una comida típica denominada *jucho*, elaboración de jaleas y bebidas alcohólicas. Palacios (2011) indica que, en la región interandina, los campesinos nativos cosechan los frutos de capulí para consumo familiar y comercialización a escala local. Esto se realiza únicamente en la época de producción correspondientes a los meses de diciembre a marzo.

Figura 5.3. Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento



Los entrevistados también identificaron los SE de aprovisionamiento de leña y madera como representativos, esto debido a que la leña se usa para la cocción de alimentos que es muy usual en la zona rural de los Andes y la madera la usan para carpintería en general debido a la buena calidad y manejo sencillo (Guzmán y Fresnedo, 2018).

Según Niembro *et al.* (2010), la madera de *P. serotina* suele ser utilizada como fuente de energía (leña) o como materia prima para llevar a cabo diversos trabajos de ebanistería. Según Jiménez *et al.* (2011), la madera del árbol *P. serotina* posee un alto potencial económico por lo cual podría ser incorporada a la industria maderera por su dureza, la facilidad de manejo, capacidad de adquirir un atractivo pulimento. Además, sería útil como especie silvícola en la obtención de madera de alta calidad (Wang y Pijut, 2014).

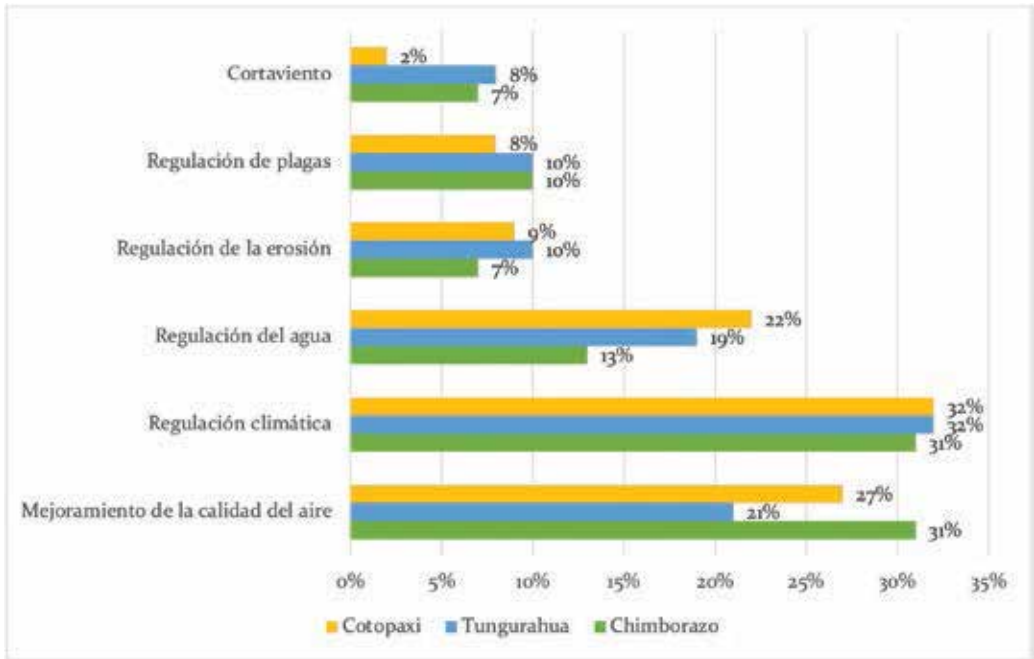
Para la identificación de los SE, también entra en juego la influencia de las características socioeconómicas del hogar, esto se denomina generalmente la «zona de influencia» social (Kinzer, 2018). Según Gouwakinnou *et al.*, (2019), los hogares pobres tienden a depender más de los recursos forestales y pueden considerar que los servicios de aprovisionamiento son los más importantes en comparación con los hogares que poseen más ingresos económicos.

5.8.2. Servicios de regulación

Los SE más reportados en las provincias de estudio fueron mejoramiento de la calidad del aire 31 % en CO; 21 %, TU; y 27 % CH y regulación climática 31 %, CO; 32 %, TU; y 32 %, CH. El nivel de educación (Figura 5.2) influyó positivamente en la identificación de los servicios de regulación (Sodhi *et al.*, 2010). Según Gouwakinnou *et al.*, (2019) cuanto mayor sea el nivel de educación, mayor será la tasa de identificación de SE. Martín *et al.* (2012) en su estudio aluden a que las poblaciones rurales perciben con mayor frecuencia los servicios de aprovisionamiento, mientras que la población urbana percibe principalmente los servicios de regulación, debido a que contribuyen directamente en la calidad de vida de las personas en general en un contexto urbano (mejoramiento de la calidad del aire y regulación del microclima).

De Groot *et al.* (2010) establecen que las ciudades, a diferencia de las zonas rurales, son más demandantes por servicios de regulación, porque, en general, estos disminuyen con el incremento del uso intensivo del suelo. La diferencia en resultados de la investigación realizada, en comparación con los datos de Martín *et al.* y De Groot *et al.*, posiblemente se deban a la accesibilidad a la educación y a las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que Ecuador ha impulsado como estrategia nacional de desarrollo en los últimos años.

Figura 5.4. Servicios ecosistémicos de regulación

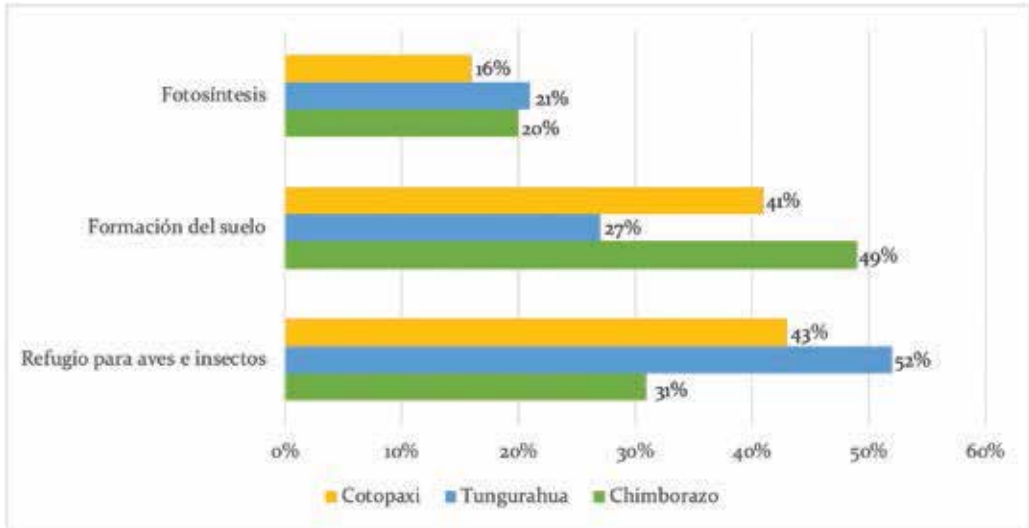


5.8.3. Servicios de soporte

Las personas entrevistadas identificaron tres servicios de soporte, siendo considerado como más importante el refugio para aves e insectos debido a que son sitios de crianza, anidación y alimentación de diversas especies de aves e insectos con el 31 % en CO; 52 %, TU; y 43 %, CH; también fue mencionada la formación del suelo y fotosíntesis, pero en menor frecuencia (figura 5.5).

Según Englund *et al.* (2017), los servicios de apoyo son fundamentales para mantener las condiciones de vida en la tierra e incluyen servicios como la formación del suelo y fotosíntesis. Por lo tanto, el flujo de SE determina el nivel de bienestar de los seres humanos, lo que está vinculado a la composición y función del ecosistema (Rodríguez *et al.*, 2016).

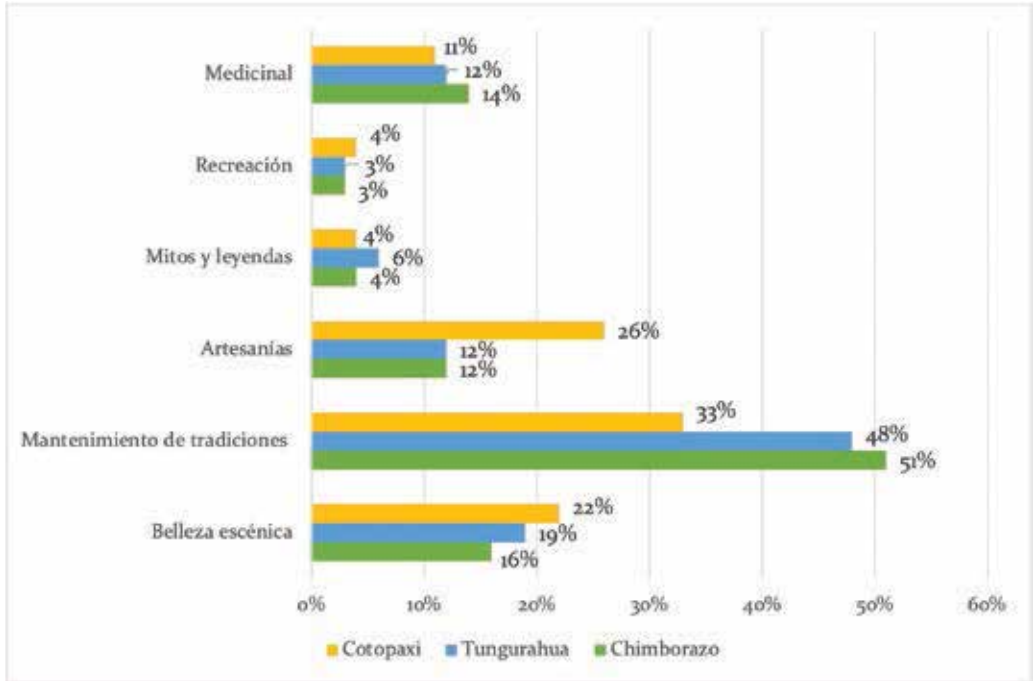
Figura 5.5. Servicios ecosistémicos de soporte



5.8.4. Servicios culturales

Se identificaron seis SE culturales. Los más identificados correspondieron a belleza del paisaje el 16 %, CO; 19 %, TU; y, 22 %, CH y mantenimiento de tradiciones correspondiente al 51 % en CO, 48 % en TU y 33 % en CH. Este último mostró diferencias significativas entre las localidades estudiadas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Calvet *et al.* (2012) y Bernués *et al.* (2014) quienes, en un estudio realizado en el altiplano central de México, determinaron que la belleza del paisaje, relajación, descanso y mantenimiento de las tradiciones fueron los SE identificados con mayor frecuencia, pero difieren Martín *et al.* (2012), quienes mencionan que los SE como ceremonias y tranquilidad son generalmente reconocidos y obtienen puntajes más altos en el sector rural; por el contrario, otros servicios culturales como belleza escénica y educación ambiental son más percibidos en el área urbana.

Figura 5.6. Servicios ecosistémicos de culturales

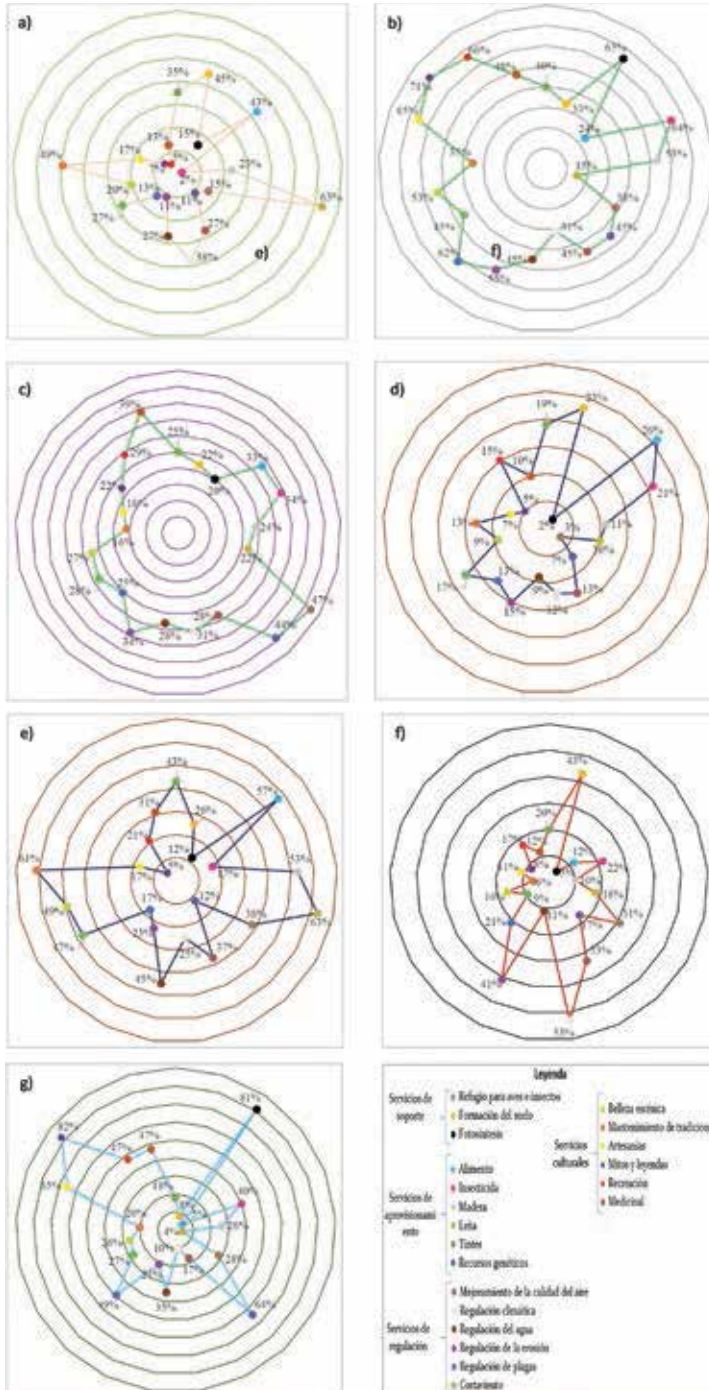


5.9. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SUS TENDENCIAS

La población del área rural de las tres localidades (CO, TU y CH) de los Andes centrales de Ecuador identificó los SE de formación de suelo (45 %), alimentación (43 %), leña (63 %) y mantenimiento de las tradiciones (49 %) como muy importante (figura 5.7 - a). Camacho et al. (2020) y Kimpouni et al. (2021) mencionan que cuando la población local depende del entorno natural para obtener bienes e ingresos. Su percepción de los servicios ambientales tiende a centrarse en los servicios de aprovisionamiento.

Los participantes identificaron los SE mitos y leyendas (71 %) y recreación (66 %) como poco importantes (Figura 5.7-b), e identificaron los SE de tintes (47 %) y recursos genéticos (44 %) como no saben (Figura 5.7-c).

Figura 5.7. Importancia percibida de los servicios ecosistémicos; a) muy importante, b) nada importante, c) no sé. Tendencia de servicios ecosistémicos; d) mejorando e) empeorando f) sin cambios g) no sabe.



En relación con las tendencias (mejorando, decreciendo, sin cambio y no sabe) de los SE en las tres áreas de estudio, los participantes reportaron tendencias hacia la reducción de los SE, especialmente en servicios como refugio de aves e insectos (43 %), la alimentación (57 %), la madera (53 %), la leña (63 %), el mantenimiento de las tradiciones (61 %) y la regulación del agua (45 %) (figura 5.7-e). Este último servicio puede deberse a períodos de sequía que han sido periódicos en Ecuador, siendo las zonas más propensas las de la región interandina, que se extiende desde la provincia de Carchi hasta la provincia de Loja (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2012).

El uso inadecuado de los ecosistemas para la obtención de uno o más servicios genera un desequilibrio de estos servicios (Montes y Sala, 2007). Un ejemplo de esto es la intensificación de la agricultura en la región interandina, que busca satisfacer las necesidades de la población, pero a cambio, significa reducir los remanentes de bosque para ampliar las áreas cultivadas, lo que provoca la pérdida de bosques y biodiversidad (García, 2012).

Identificar las prioridades de la sociedad en cuanto a la identificación, importancia y tendencia de los SE contribuye a la aplicación de acciones para su conservación, restauración pasiva y activa, y uso responsable para el manejo sustentable por área. La perspectiva de los habitantes rurales sobre los SE debe ser considerada en los debates y decisiones sobre políticas relacionadas con las causas de la degradación ambiental por el cambio de uso de suelo y las estrategias para enfrentarlas (Montes y Sala, 2007), que son clave para mantener la oferta de SE (Domínguez, 2014) porque los cambios en el uso del suelo influyen en la oferta de SE (Jackson et al., 2006). Estos resultados deberían contribuir a la toma de decisiones y la planificación del uso de la tierra, con el objetivo de mejorar el bienestar humano y preservar la función de los ecosistemas, no solo a escala regional sino también en el ámbito local (García et al., 2020).

Sin embargo, este estudio se realizó a escala regional; a escala local, ciertamente puede haber diferencias en la fuerza de las relaciones entre las especies de *P. serotina* y SE. Por lo tanto, es posible que no todos los servicios se maximicen de manera similar dentro de los paisajes en toda la región de muestra. Además, la presente investigación se centró en la distribución actual de la mayor concentración de la especie *P. serotina*, pero los cambios futuros en el medio ambiente pueden afectar a los SE tanto directa como indirectamente (Bulling et al., 2010). Por lo tanto, el cambio global puede significar que la sociedad no tenga todas las

opciones de gestión de servicios ecosistémicos actualmente disponibles. El escenario de cambios en la composición y riqueza de la especie *P. serotina* debido al cambio global debe ser considerado en los análisis de la provisión futura de SE (Hickler et al., 2012).

Los seres humanos constituyen una parte integral de los ecosistemas, pero la mayoría de las veces no se los tiene en cuenta al realizar evaluaciones de SE (Adeyemi et al., 2022). En los últimos años, la comprensión de los conceptos de SE relacionados con las necesidades del usuario y la clasificación respectiva no se ha tomado en cuenta adecuadamente (Lamarque et al., 2011), mejorar dicha comprensión puede contribuir a mejorar los esfuerzos de conservación centrados en SE (Sodhi, 2010).

La determinación de los SE que brinda la especie *P. serotina* desde una percepción social (identificación, importancia y tendencia de los SE) puede constituirse como una herramienta o insumo de planificación para los tomadores de decisiones, que buscan identificar prioridades en los procesos de planificación para la conservación. Martín-López et al. (2012, 72) mencionan que, para formular políticas exitosas para ecosistemas sostenibles, es fundamental comprender las preferencias, actitudes y percepciones del usuario hacia los SE. Además, los estudios que involucran la comprensión y los datos sobre el componente social local de SE contribuyen a complementar las estadísticas nacionales sobre SE (Tallis et al., 2012).

La implementación de la investigación basada en SE, tanto en la política como en la planificación, exige la contribución de los usuarios directos, es decir, las poblaciones locales y otras partes interesadas. Esta incorporación y aporte puede contribuir a mejorar la aplicación práctica y la relevancia política de los conceptos de SE en la gestión y la toma de decisiones (Adeyemi et al., 2022). Las preferencias individuales y comunitarias pueden coevolucionar con la gestión de la tierra y el cambio de uso del suelo, pero es difícil demostrar cómo los valores, las actitudes y las normas culturales de una región contribuyen a las preferencias de SE (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2011).

Las preferencias sociales por SE varían entre sociedades (Gouwakinnou et al., 2019; Bateman y Turner, 1993). Sin embargo, los servicios más importantes pueden identificarse teniendo en cuenta las perspectivas de las partes interesadas de diferentes grupos sociales (Agbenyega et al., 2009). Estos SE prioritarios pueden

utilizarse para la planificación territorial y el desarrollo local (Houdanon et al., 2018). Los SE de aprovisionamiento y regulación fueron identificados en mayor número y con mayor grado de importancia en los tres sitios estudiados, lo que indica que los hogares dependen especialmente de los servicios de aprovisionamiento de la especie *P. serotina* (Boafo et al., 2016)

No se identificó la importancia de *P. serotina* como proveedor de recursos genéticos, lo que sugiere una falta de participación comunitaria en la conservación del material genético de especies frutales en los Andes centrales de Ecuador. Se identificó como relevante el servicio ecosistémico de formación del suelo, que brinda un soporte fundamental para la producción agrícola. Sucedió lo contrario con la identificación del servicio de regulación de la erosión del suelo, que no fue muy importante para las localidades estudiadas, a pesar del predominio de los agricultores entrevistados.

La disminución de los servicios de aprovisionamiento, según denuncian los pobladores de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, se atribuye al mal uso (construcción de viviendas, carreteras, paraderos y áreas de cultivo intensivo) de la tierra, lo que provoca la degradación o destrucción del hábitat de esta especie, que no permite el manejo sustentable de este recurso. Por lo tanto, es importante implementar políticas de sensibilización sobre buenas prácticas para el manejo sostenible de los recursos agroforestales de subsistencia en las comunidades locales.

Los servicios culturales, como el mantenimiento de las tradiciones y la belleza escénica, se consideraron importantes en los tres lugares estudiados. Según Ahammad et al. (2019), los bosques tienen una gran importancia cultural, lo que se refleja en las actitudes positivas de la población local hacia su protección. La percepción de la población de las tres localidades en estudio sobre el valor de SE debe ser considerada al momento de tomar decisiones de manejo para la especie *P. serotina*.

Debido a la diversidad de SE identificados por los lugareños en las tres áreas de estudio de las provincias de CO, CH y TU, existen oportunidades para conservar sitios específicos en los Andes centrales de Ecuador con el fin de optimizar el suministro de SE para aprovisionamiento, regulación, apoyo y, sobre todo, servicios culturales que se centren en una revalorización cultural. Esto se debe a que *P. serotina* juega un papel importante en la vida de los ecuatorianos (Patania et al., 2022).

La mayor parte de las políticas de conservación y restauración de la biodiversidad se basan en la protección de especies y hábitats, lo que ha llevado al desarrollo de políticas de protección de determinadas áreas geográficas y la definición de áreas protegidas (AP). Estas áreas, con un valor especial de biodiversidad, son una base muy importante para la conservación; sin embargo, la mayor parte del territorio está desprotegido, y gran parte de la biodiversidad se encuentra fuera de los límites de las AP.

Esto implica que la conservación de la biodiversidad debe abarcar un territorio más amplio que las áreas protegidas y debe integrarse en todos los aspectos de la sociedad humana. La protección de áreas de alto valor natural, a pesar de ser necesaria, no es suficiente para reducir la pérdida de biodiversidad. A su vez, las políticas de conservación y gestión de los recursos naturales se han basado en estrategias orientadas a la planificación en un área determinada sin considerar las posibles consecuencias globales de la actividad sobre el medio ambiente y la sociedad (Tallis y Polask, 2009).

Si el objetivo es minimizar la pérdida de biodiversidad a escala mundial en las próximas décadas, se deben realizar cambios estructurales en los patrones de producción y consumo. Además, se necesita un enfoque integrado de diferentes sectores mediante la combinación de diferentes medidas de conservación (Netherlands Environmental Assessment Agency, 2010). La planificación territorial sostenible implica integrar aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales a partir del reconocimiento de la gran interdependencia entre ellos (Pikitch, 2004). Este enfoque de manejo basado en ecosistemas asume una relación completa entre el bienestar humano y el medio ambiente. El desarrollo sostenible solo es posible en ambas áreas al mismo tiempo. Este enfoque permite a los gerentes obtener una comprensión amplia de las muchas consecuencias de decisiones particulares (Christensen et al., 1996). Junto con esta idea, debe desarrollarse un renovado interés en las estrategias y políticas de conservación de la biodiversidad en relación con la necesidad de mantener un suministro sostenible de SE. El uso de la tierra para producir bienes y servicios representa la alteración humana más sustancial de los sistemas naturales de la tierra (Gouwakinnou et al., 2019).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), en su informe, determinó que el conocimiento ecológico local es relevante para abordar los problemas de manejo de los SE. Varios autores han destacado la importancia fundamental de tener en cuenta los conocimientos y percepciones locales como herramienta

básica en la toma de decisiones políticas para la protección de los ecosistemas y la gestión sostenible de los recursos y medios de vida (Boafo et al., 2016).

Los resultados obtenidos sugieren que pueden requerirse diferentes tipos de conocimiento para identificar la gama de SE, como el conocimiento experiencial (comprende un conjunto de creencias, conocimientos y prácticas no científicas correspondientes a los ecosistemas locales, y su gestión se basa en los conocimientos adquiridos), experiencia local y conocimiento técnico (constituido por un conjunto de reglas estrictas y universalmente aceptadas moldeadas por disciplinas académicas y métodos científicos) (Lamarque et al., 2011). Estudios previos han demostrado que estos dos tipos de conocimiento son complementarios y que su combinación puede desempeñar un papel activo en la percepción y el mantenimiento de la provisión de múltiples servicios ecosistémicos (Martín et al., 2012). Según Miller (2013), identificar, evaluar y emplear múltiples conocimientos y mecanismos de aprendizaje son los principios clave de la ciencia de la sostenibilidad.



CAPÍTULO VI 6. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE *P. SEROTINA*

6.1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Se realizó un muestreo aleatorio simple para identificar el número de encuestas en cada provincia (Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi). El trabajo de campo se realizó durante los meses febrero, marzo y abril de 2019. Se realizaron dos cuestionarios basados en fuentes secundarias como son libros, artículos de revistas científicas, documentos oficiales de instituciones e informes técnicos, mismos que fueron examinados para extraer información relevante relacionada con el estudio.

Al ser desconocida la cadena de mercado del capulí, el estudio se centró en dos niveles: el del productor (encuesta enfocada a grupos de personas dedicadas al cultivo, recolección, intermediarios y venta del fruto de capulí), y el de consumidor (encuesta enfocada a grupos de personas que habitan en la zona urbana y compran el fruto en los mercados).

Tabla 6.1. Características socioeconómicas de la población rural en las tres provincias

Variables socio-económicas	Provincias			ANOVA
	Cotopaxi	Tungurahua	Chimborazo	<i>P</i>
Edad	43,4 ^{ab}	41,7 ^a	45,6 ^b	0,069
Tamaño de la familia	5,2 ^a	4,9 ^{ab}	4,7 ^b	0,031
Educación (años de escolaridad)	9,4 ^a	8,6 ^a	8,6 ^a	0,214
Ingreso mensual (USD/familia)	318,13 ^a	308,08 ^a	290,92 ^a	0,239

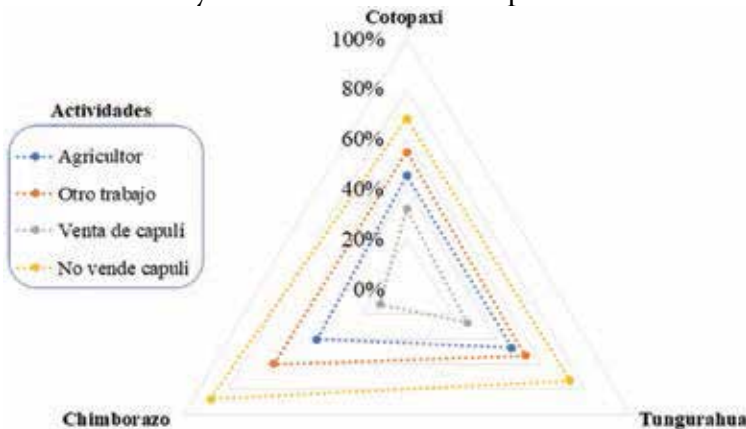
Nota: dentro de una misma fila, los tratamientos que no compartan letras (superíndices) difieren según la prueba de Tukey al 5 %.

Según la encuesta efectuada a los productores de *P. serotina*, se apreció que, en las tres provincias, el 60,37 % de nuestra muestra corresponde a hombres y el res-

tante a mujeres. La estructura de edad promedio de la población en cada provincia es significativamente diferente entre Cotopaxi y Chimborazo, con un 84,69 % de la población en edad de trabajar (entre quince y sesenta y cinco años según el Código de Trabajo, en su artículo 35). La población rural de Cotopaxi, con cinco personas, tiene el promedio de tamaño de la familia más alto en comparación con las otras dos provincias; no obstante, en general, el 56,64 % presentó un tamaño familiar de dos a cuatro integrantes y el 36,63 % de cinco a ocho integrantes. La media correspondiente a los años de educación no presentó gran diferencia en las tres provincias; el 46,94 % poseen educación primaria (seis años) y únicamente el 13,10 %, educación universitaria. El salario medio es de \$ 305,71 por mes, \$ 88,29 menos que el salario base legal del país de \$ 394. Adicionalmente, solo el 13,78 % de la población gana \$ 400 o más (Carrasco et al., 2022).

En cuanto a tipos de vivienda, el 93,70 % de las tres provincias manifestaron que residen en una casa de cemento o construcción mixta. El 44,21 % de los habitantes se dedica a la agricultura y solo el 22,44 % de la población recolecta capulí para comercializar. La provincia menos entusiasta para comercializar capulí es Chimborazo, con el 12,2 % de la población, frente a Cotopaxi y Tungurahua con 28,1 % y 27 % respectivamente (Figura 6.1). Como se muestra en la Figura 6.1, a diferencia de la provincia de Chimborazo, las provincias de Cotopaxi y Tungurahua presentan valores cuantitativos similares en las actividades a las que se dedican. De las tres provincias, el 51,08 % de las familias que comercializan la fruta han llevado a cabo esta actividad a lo largo de los últimos cincuenta años, mientras que el 31,65 % la ha efectuado durante los últimos veinticinco años (Carrasco et al., 2022).

Figura 6.1. Actividades de población rural con relación a la agricultura y comercialización de capulí



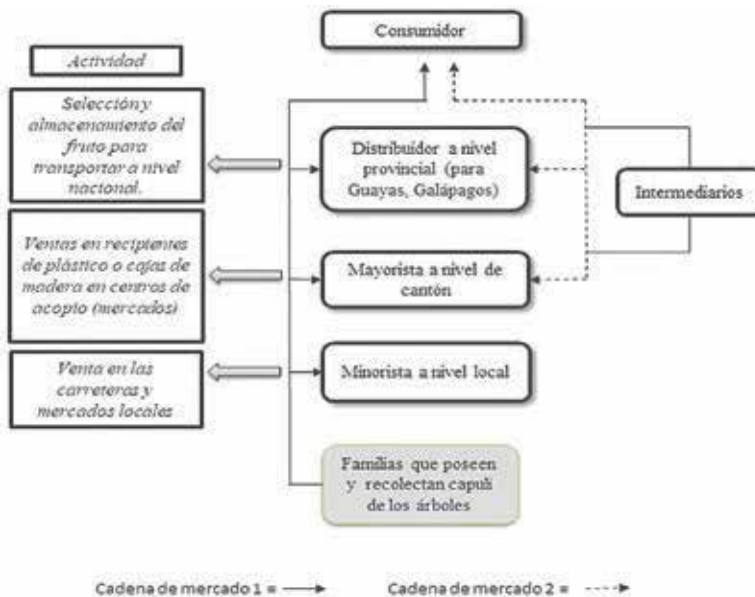
6.2. CONSUMIDORES (POBLACIÓN URBANA)

De las encuestas aplicadas en las tres provincias, la población urbana es considerada consumidora del fruto capulí. De esta, dos tercios son mujeres; el 94,04 % pertenecen al grupo etario entre 15-60 años; además, el 91,66 % de la población afirmó que adquieren capulí para consumo directo, mientras que el resto de la población señala que lo adquieren para la elaboración de jucho.

6.3. ESTRUCTURA DE COMERCIALIZACIÓN Y ACTORES INVOLUCRADOS EN LA CADENA DE MERCADO DE CAPULÍ

La estructura de comercialización de capulí integra actividades que empiezan con la cosecha de los frutos, para posteriormente pasar por distintos niveles de la cadena de mercado tales como selección, almacenamiento, distribución en diferentes niveles y el transporte hacia otras provincias. Se identificaron dos estructuras de comercialización en que el productor vende directamente al consumidor o expenden a intermediarios (comerciantes). Como se muestra en la Figura 6.2, las actividades no fueron necesariamente secuenciales y algunas se repitieron dentro de la cadena de valor.

Figura 6.2. Diagrama de comercialización de capulí



De las muestras analizadas, solo el 23,6 % (139 familias) cosechan y venden capulí. La mayor parte se encontraron en las provincias Cotopaxi (sesenta y tres familias) y Tungurahua (cincuenta y tres familias). Con relación a las personas que se dedicaban a la producción, cosecha y comercialización, el 50,36 % de los entrevistados respondieron que tan solo un miembro de su familia es quien se dedica a realizar esta actividad, seguido del 29,60 % que mencionó que son dos personas las que intervienen. Resultó importante conocer el nivel de parentesco cuando intervenían dos, tres, cuatro, cinco personas o más, por lo que se analizó que el 82,01 % poseían un nivel de parentesco de primer grado; esto quiere decir que, de ser necesaria más mano de obra para la recolección, se recurre de manera directa a los miembros que componen la familia como madre, padre, hijos, nueras o yernos (Carrasco et al., 2022).

En el análisis realizado a los consumidores, más del 90 % manifestó que compran capulí para consumo propio. Los principales lugares de compra son los mercados locales (76,25 %) y las compras directas a los productores (14,84 %) (Figura 6.3). El capulí se vende en los principales centros de acopio y venta integrados por mercados locales en las grandes ciudades; la mayoría de las asociaciones de estos centros actúan como intermediarios.

Figura 6.3. Lugares donde compran capulí los consumidores



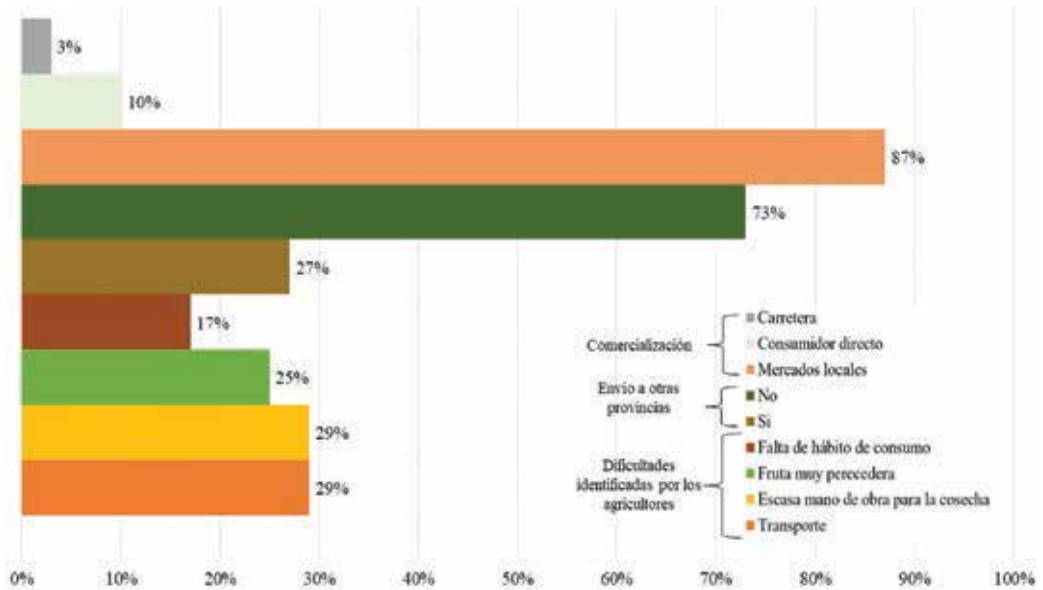
Sobre la base de un análisis singular comparativo, se logró determinar que, de las 139 familias que se dedican a la comercialización de capulí, el 67 % acude de una o dos veces por semana a vender la fruta y, en el caso de los consumidores, el 68 % adquiere el producto durante el mismo transcurso de tiempo (Figura 6.4). Sin embargo, en un análisis de las dos muestras, que se trabajó con las frecuencias encontradas en las respuestas de las encuestas, existió una relación de uno a cuatro en la comercialización del capulí (Figura 6.4), lo que quiere decir que del 100 % de las personas que forman parte del proceso de comercialización de la fruta (compra y venta), el 79, % representa la demanda, mientras que el 21 % representa la oferta, lo que quiere decir, que por cada familia que expende capulí cuatro familias los adquieren. Esto concuerda con lo expuesto anteriormente, donde se afirmó que existe mayor número de consumidores que personas dedicadas a la venta del fruto (Carrasco et al., 2022).

Figura 6.4. Productores y consumidores en la comercialización de capulí; tercera figura, relación de proporción entre productores y consumidores.



Después de haber realizado la cosecha, se procede a efectuar la selección, transporte y venta del producto cosechado; el 87,05 % de las familias que comercializan en los mercados locales de las ciudades principales de las provincias, el 10,79 % manifestó que la venta es directa, es decir, del productor al consumidor y, finalmente, el 2,16 % detalló que venden la fruta en las carreteras. Este último valor también se puede establecer cómo venta directa, debido a que no pasa por ningún tipo de intermediario; estas ventas son realizadas en fundas o recipientes de plástico de un litro (Figura 6.5). Además, el 26,6 % manifestó que envía capulí a otras provincias, especialmente a las regiones costa e insular del país, siendo Cotopaxi y Tungurahua las principales provincias de envío.

Figura 6.5. Comercialización, distribución y dificultades encontradas para la comercialización



El lapso que transcurre desde la cosecha del fruto hasta el arribo hacia los mercados es corto. El 93 % de los agricultores expresó que transportan el mismo día de la cosecha o dentro de los dos días posteriores a la misma; el 25 % respondió que la fruta es un producto altamente perecedero y el 29 % dijo que había problemas con el transporte y falta de mano de obra para la cosecha (Figura 6.5).

6.4. ANÁLISIS DE INGRESOS POR LA VENTA DEL CAPULÍ

Los encuestados manifestaron que, para realizar el traslado de la fruta desde la zona rural hacia el mercado se realiza en dos tipos de contenedores: el 70 % en baldes de veinte litros y el 30 % restante en cajas de madera de 3 kg. Hay alrededor de dieciocho tarrinas en cada balde de capulí, las cuales se venden en los mercados y a lo largo de las carreteras. En comparación con las otras dos provincias, la de Tungurahua tuvo los mayores ingresos por ventas de capulí, dado que la provincia posee un mes más de producción y cosecha; además, el capulí, en dicha provincia, por el tamaño, tiene un valor más alto en el momento de vender en los mercados (Tabla 6.2).

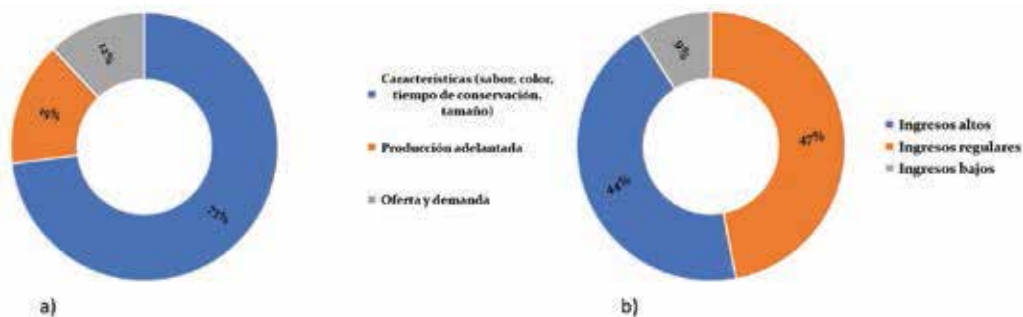
Tabla 6.2. Ingresos económicos por la venta de capulí en productores e intermediarios de las tres provincias

Provincias	Costo del balde de capulí en los mercados	Meses de cosecha	Productor		Intermediario	
			Beneficio mensual	Beneficio total	Beneficio mensual	Beneficio total
Cotopaxi	\$ 10	3	\$ 80	\$ 240	\$ 64	\$ 192
Tungurahua	\$ 18	4	\$ 144	\$ 576	\$ 96	\$ 96
Chimborazo	\$ 15	3	\$ 60	\$ 180	\$ 12	\$ 36

El 75 % de las familias que recolectan el fruto de *P. serotina* manifestó que no necesitaron invertir dinero para la producción, mientras que el 22 % informó que invirtió entre \$ 25 y \$ 50 por temporada de producción y solo un 4 % realizó una inversión mayor, pero que no superaba \$ 100. Las provincias que más inversiones realizan en cuanto a la producción de capulí son Cotopaxi y Tungurahua mientras que la provincia de Chimborazo es la que menos inversión realiza; sin embargo, se realizan labores agrícolas alrededor del árbol tales como la aplicación de abono, control de malezas, riego, poda, control de plagas y enfermedades.

A la hora de vender frutos de *P. serotina*, existen factores que determinan su valor; por ejemplo, el 73 % de los agricultores que vendieron la fruta, mencionaron que características como el sabor, el color, la vida útil y el tamaño eran importantes. Un bajo porcentaje 15 % indica que un factor determinante del precio es la producción adelantada, debido a que, mientras en algunos sectores la fruta aún no madura, en otros ya se encuentra en la temporada de cosecha (Figura 6.6 - a).

Figura 6.6. a). Variables que determinan el precio del capulí en el mercado. b) Percepción de los ingresos generados por la venta del capulí



Según informó el 47 % de la población encuestada, los ingresos por la venta del capulí son regulares; el 44 % expresó que los ingresos son altos. Finalmente, solo el 9 % expresó que son bajos (Figura 6.6-b). No obstante, se considera que el dinero obtenido por el comercio del capulí es un ingreso económico extra a la economía del hogar.



CAPÍTULO VII 7. MÉTODO DE ESCARIFICACIÓN Y PROPAGACIÓN *IN VITRO*

7.1. PROCESO DE ESCARIFICACIÓN

7.1.1. Colecta de frutos

La colecta se debe realizar en diciembre, enero, febrero y marzo, en estos meses se puede encontrar frutos de *P. serotina* en estado maduro.

Figura 7.1. Colecta de frutos de *P. serotina* en estado maduro.



7.1.2. Extracción de la semilla

Para extraer la semilla y evitar romper el hueso se lo realiza mediante el uso de un tamizador metálico, posterior a ello se lava la semilla con abundante agua hasta extraer la totalidad de la pulpa adherida a la misma, posterior a ello las semillas se dejan secar al sol durante dos días y en sombra (área ventilada) durante 7 días con la finalidad de reducir la humedad, acelerar el proceso de maduración y evitar el desarrollo de enfermedades fúngicas.

Figura 7.2. Proceso de secado en sombra de semillas de *P. serotina*.



7.1.3. Método de escarificación

El método de escarificación más significativo y recomendado con una efectividad del 90%, consiste en el proceso de dejar las semillas en remojo (fundas herméticas, para evitar la contaminación con agentes externos) durante un periodo de ocho días, se debe cambiar el agua a diario, además se debe desinfectar las semillas antes de iniciar el proceso mediante la aplicación de un fungicida. Este tratamiento permite ablandar la capa externa de la semilla lo cual facilita la germinación, debido a que la capa externa es dura lo que impide que el agua y oxígeno lleguen al embrión, por lo cual el método de remojo mejora la tasa de germinación y acelera el proceso de crecimiento.

Figura 7.3. Proceso de remojo de semillas de *P. serotina*



7.1.4. Tipo de sustrato

El sustrato ideal para procesos de germinación de *P. serotina* es la combinación de tierra negra 50% y turba 50%: la tierra negra es rica en nutrientes y materia orgánica, lo que la hace muy fértil, esto es beneficioso para el crecimiento de las semillas una vez que han germinado, dependiendo de su origen, la tierra negra puede tener un pH ligeramente ácido a neutro, lo cual es generalmente adecuado para la mayoría de las plantas, la tierra negra es más densa, pero al combinarse con turba, el sustrato se vuelve más liviano y fácil de manipular, lo que facilita el proceso de trasplante o siembra en bandejas o macetas pequeñas, proporciona un entorno que promueve el desarrollo de las raíces al contener una cantidad adecuada de materia orgánica, además la turba ayuda a mantener el sustrato lo suficientemente húmedo para las semillas, sin que haya riesgo de pudrición, es ligera, aireada y proporciona un buen drenaje. También, facilita la circulación del aire alrededor de las raíces, lo que es fundamental para evitar la asfixia radicular, aunque la turba tiene menos nutrientes que la tierra negra, su presencia en la mezcla permite un sustrato equilibrado, sin sobrecargar las semillas con demasiados nutrientes al inicio de la germinación

Figura 7.4. Sustrato 50% turba y 50% tierra negra ideal para procesos de germinación de *P. serotina*



A lo largo de la historia ha sido algo habitual, pero en nuestros días los propósitos se han ampliado como evitar la extinción de las especies o evitar la desaparición definitiva (Doria, 2010), es fundamental aumentar los esfuerzos de conservación, ya que el cambio climático, la urbanización y los cambios en los patrones de uso de la tierra son amenazas que se está volviendo cada vez más importante para la supervivencia de muchas de estas especies relativamente desconocidas.

7.2. FACTORES DE CONSERVACIÓN

7.2.1. Viabilidad

La capacidad de un lote de semillas latentes para germinar y producir plántulas normales en un ambiente favorable se conoce como viabilidad (García, 2016).

7.2.2. Vigor

Las características que controlan el nivel de actividad y capacidad de un lote de semillas durante la germinación y la subsiguiente emergencia de las plántulas se denominan vigor de las semillas. Las semillas con buen rendimiento se consideran semillas de alto vigor germinativo (García, 2016).

7.2.3. Longevidad

Según García (2016), un lote de semillas tiene cierta longevidad dependiendo de la temperatura y el nivel de humedad que pueda soportar durante un período prolongado de tiempo.

7.2.4. Estrategias

7.2.4.1. In Situ

- Priorizar los grupos de interés existentes en el área de estudio.
- Presentar las muestras con las características estudiadas para que posterior a ello el grupo de interés pueda realizar la selección de la semilla que más se adapte a sus necesidades.
- Entregar la colección completa de las semillas previamente identificadas
- Realizar un seguimiento mensual donde se haga la valoración de la adaptación de la especie (desarrollo, altura, diámetro del tallo, etc.) al o a los árboles que se vayan a producir in situ.
- Al momento de la producción el seguimiento se lo realizará una vez al año durante la época de producción para realizar una comparación entre las plantas entregadas y conocer cuál de ellas está retribuyendo a los productores. Previamente cada semilla debe estar codificada para poder realizar las comparaciones.
- Generación de una base de datos en base a la información generada por el grupo de interés.

7.2.4.2. Ex Situ

- Examinar la variedad genética encontrada en las áreas de recolección.
- Implementar un vivero para el establecimiento de plántulas de las colecciones realizadas.

- Establecer procesos de multiplicación de las muestras identificadas, tomando en cuenta el tiempo en el que la semilla es viable para ser sembrada.
- Aplicar métodos de escarificación para romper el estado de latencia de las semillas.
- Dar el debido tratamiento a las plantas en cuanto a suelo, nutrientes, requerimiento hídrico, luminosidad, temperatura, humedad relativa, etc, para así poder facilitar su crecimiento.
- Realizar la colección de semillas, es decir comenzar con el banco de germoplasma en la institución o con ayuda de instituciones capacitadas para realizar este proceso.

7.2.5. Sostenibilidad

Facilitar el acceso libre de la población a la documentación de la información recolectada. Promover los conocimientos y saberes ancestrales sobre la importancia de la especie y el peligro al que está expuesto por diversos eventos. Establecer un programa de reservas de semilla y vincular con proyectos de conservación nacionales de semillas para la resiembra post desastre con utilización de variedades adaptadas a las condiciones locales. Modificar un sistema de control de calidad de semillas implementando procedimientos y controles más adecuadas.

7.2.6. Políticas

- Facilitar la coordinación entre actores y ministerios competentes.
- Establecer compromisos de apoyo mediante convenios.
- Tomar medidas para asegurar la participación de todos los actores y asegurar el alcance de metas y objetivos.
- Integrar políticas a nivel de gobiernos para planes de manejo de la especie y otorgar el respectivo presupuesto que esto implica. • Vincular el tema de conservación y uso potencial de la especie en la planificación de manejo de territorio.

7.2.7. Entidades de apoyo a la conservación

7.2.7.1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Mediante la creación de bancos comunitarios de semillas criollas ya que la fuente de información primordial que contiene parte de la cultura, espiritualidad, saberes es el conocimiento tradicional indígena, esto se encuentra en su entorno. Por ello el ambiente que los rodea nos manifiesta el cuidado que le dan a sus recursos naturales para aprovecharlos de manera racional (no ser explotados) y la continuidad con la que se transmite los conocimientos, esto se ve reflejado en los servicios ambientales que brindan y de esa manera deberían ser retribuidos. Por todo aquello mencionado los procesos de conservación de semillas criollas o nativas son importantes para preservar los genes diversos que en ella se encuentran (Rivas, 2013).

Figura 7.5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).



7.2.7.2. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP)

Indica que la criopreservación es un método altamente eficiente para preservar indefinidamente el germoplasma vegetal en espacios pequeños. Fomentar el desarrollo de proyectos de investigación en el área de la criopreservación de especies vegetales, así como la implementación de un criobanco en el Banco Nacional de Germoplasma del Ecuador dotado de algunas instalaciones y métodos efectivos, son cruciales si se quiere aprovechar la rica biodiversidad que existe en el Ecuador. y conservado adecuadamente. Esto, sin duda, contribuirá a reforzar las estrategias nacionales de desarrollo agrícola forestal, florícola y económico (Perez, 2017).

Figura 7.6. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP



7.3.PROPAGACIÓN *IN VITRO*

7.3.1. Micropropagación

La micropropagación es el desarrollo de plantas completas a partir de un pequeño tejido meristemático mediante cultivo *in vitro* en condiciones asépticas en un medio nutritivo. En términos generales, la micropropagación se refiere a las técnicas de cultivo de tejidos para la propagación *in vitro* de plantas mediante diferentes estrategias (Manu Pant y Azamal Husen. 2022).

7.3.1.1.Etapas del cultivo *in vitro*

Los protocolos utilizados durante el cultivo *in vitro*, se pueden distinguir las siguientes etapas: selección y preparación de la planta y/o tejido donante de explantes, desinfección y adaptación de los explantes al medio artificial, multiplicación de brotes, enraizamiento y rusticación. Se deben obtener explantes con un nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado para lo cual es recomendable mantener a las plantas madre un período de tiempo que puede oscilar entre unas semanas o varios meses en un invernadero, en el que se va a cultivar la planta en condiciones sanitarias óptimas y con un control de nutrición, fotoperíodo e irradiación adecuadas (Orellana, 1998).

7.3.1.2. Selección y preparación de la planta

El primer paso es la elección de un explante apropiado para el establecimiento del cultivo; dicha elección está determinada por el objetivo de la micropropagación y la especie vegetal utilizada. Aunque se puede utilizar cualquier tipo de material vegetal, en general resulta más conveniente utilizar los órganos, tejidos o células de plantas jóvenes que los de plantas adultas, debido a se ha determinado que la edad fisiológica del explante tiene gran influencia en la morfogénesis; ya que, mientras más joven y menos diferenciado esté el tejido mejor será la respuesta *in vitro* (Sabja et al., 2008).

7.3.1.3. Desinfección y adaptación

Una vez seleccionada la planta madre en condiciones de asepsia, se extraen los explantes para desinfectarlos y colocarlos en un medio de cultivo adecuado (Pierik, 1987). La desinfección es un paso esencial, ya que los explantes pueden estar contaminados con microorganismos que dañan el material vegetal, como bacterias, hongos, los cuales afectan su desarrollo y agotan los nutrientes del medio (Roca y Mroginski, 1993). Es fundamental trabajar en un ambiente estéril, utilizando una cámara de flujo laminar y asegurando que tanto los medios como los utensilios estén correctamente esterilizados (Fontúrbel, 2004). El proceso de desinfección varía según la especie y el tipo de explante, y en el caso de obtener plantas libres de virus, se utilizan meristemas. Para eliminar los contaminantes, se emplean soluciones esterilizadoras específicas y se realiza un lavado cuidadoso con agua destilada estéril (Roca y Mroginski, 1993; Cayambe y Wilfrido, 2014).

7.3.1.4. Multiplicación de brotes

En esta etapa, el medio de cultivo juega un papel crucial al influir en las condiciones nutricionales y hormonales necesarias para romper el reposo de la yema axilar, lo que facilita su rápido crecimiento. Se espera que los explantes generen brotes con varios entrenudos, los cuales deben ser transferidos a un nuevo medio para su posterior desarrollo (Rodríguez, 2006; Cayambe y Wilfrido, 2014).

7.3.1.5. Enraizamiento *in vitro*

Los brotes obtenidos en la fase de multiplicación se transfieren a un medio sin reguladores de crecimiento o que solo contenga auxinas. Este procedimiento

se realiza en la cámara de flujo laminar. La ventaja de este enfoque es que brinda mayor flexibilidad al seleccionar los brotes, ya que obtienen la energía necesaria para enraizar directamente del medio, lo que hace innecesario que las hojas estén completamente desarrolladas para realizar la fotosíntesis (Pierik, 1987; Cayambe y Wilfrido, 2014).

7.3.1.6. Enraizamiento *ex vitro*

Los explantes obtenidos *in vitro* deben ser transferidos a un sustrato, que generalmente consiste en una mezcla de turba con perlita o vermiculita. Es fundamental que el medio de enraizamiento esté libre de patógenos, y que los brotes cuenten con hojas bien desarrolladas, ya que necesitan realizar la fotosíntesis para obtener energía suficiente para enraizar y desarrollarse (Pierik, 1987; Cayambe y Wilfrido, 2014).

7.3.1.7. Aclimatación

Los explantes recién enraizados son muy sensibles a los cambios ambientales, de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso dependen de la aclimatación. Tanto si los explantes fueron enraizados *in vitro* como *ex vitro*, en el momento en que se extraen los explantes de los recipientes de enraizamiento están poco adaptados a crecer en un invernadero, ya que estos explantes han enraizado y crecido en ambientes con una humedad relativa muy elevada y generalmente tienen estomas perezosos para responder al descenso de la humedad relativa, demasiado lentos para evitar la desecación del explante. Por otra parte crecer en ambientes tan húmedos también suele implicar la falta de una cutícula cética bien desarrollada, que evita la pérdida de agua a lo largo de toda la superficie de la planta, (Pierik, 1987; Cayambe y Wilfrido, 2014).

7.3.2. Condiciones para realizar un cultivo *in vitro*

7.3.2.1. Esterilidad

Se recomienda adoptar un medio estéril y controlado alrededor del cultivo *in vitro*.

7.3.2.2.Temperatura

Para el crecimiento y desarrollo de los explantes se recomienda incubar bajo condiciones controladas, con una temperatura de 24 ± 1 oC, iluminación entre 1000 – 3000 lux, fotoperiodo de 16/8 horas luz y oscuridad y humedad relativa entre los 70 – 80% (Paz, 2020).

7.3.2.3.Humedad relativa

Una humedad relativa alta, debido a que los recipientes tienen una baja tasa de intercambio gaseoso, los tejidos vegetales pueden presentar alteraciones foliares e hiperhidricidad, para evitar estos problemas, se recomienda valores entre 50 - 60 % (Paz, 2020).

7.3.3. Medios para implementar un cultivo *in vitro*

7.3.3.1.Macronutrientes

Cuando se habla de los macronutrientes en composición del medio de cultivo *in vitro*, hablamos del nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, estos son requeridos por las células vegetales para llevar a cabo su desarrollo adecuado y con una buena estructura. Las dosis de estos macronutrientes siempre es variada y su cantidad va a depender del medio de cultivo Figura 6. El macronutriente que va a ser más requerido es el del nitrógeno. Uno de los más importantes es el calcio ya que este estimula el desarrollo de raíces y hojas (Hanson, 1984).

7.3.3.2.Micronutrientes

Son conocidos también como oligoelementos y considerados importantes para el desarrollo de las plantas. Su nombre hace referencia a la baja concentración que requieren los vegetales para su crecimiento. En los medios de cultivo establecidos por algunos investigadores, los más utilizados son: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo) (Clark, 1982).

7.3.4. Beneficios de los cultivos *in vitro*

- Permite obtener grandes cantidades de plantas en un corto periodo de tiempo.
- Facilita la propagación de plantas con características deseadas.
- El cultivo *in vitro* permite un control preciso de las condiciones de crecimiento lo que favorece el desarrollo óptimo de las plantas.
- Al trabajar en un ambiente controlado y esterilizado, es posible eliminar patógenos y obtener plantas sanas, lo que es crucial en cultivos comerciales y en la conservación de especies amenazadas.
- Ayuda a preservar especies vegetales raras o en peligro de extinción, al permitir la regeneración de plantas a partir de pequeños fragmentos de tejido.
- Puede ser útil para la propagación de especies que presentan dificultades para reproducirse sexualmente, como aquellas con baja germinación o que requieren condiciones específicas para la polinización.
- Los cultivos *in vitro* pueden mantenerse en estado de reposo durante largos períodos, lo que es ventajoso para la conservación de germoplasma o la producción de semillas fuera de temporada.

7.3.5. Protocolo de propagación *in vitro* de *P. serotina*

7.3.5.1. Procedimientos Generales

Material vegetal

Utilizar segmentos nodales de 1-2 cm de longitud obtenidos de ramas jóvenes y saludables de *P. serotina*, procedentes de plantas madre cultivadas en condiciones controladas o en un entorno natural sin signos de enfermedad o estrés.

Medio de cultivo

Base del medio de cultivo: 285ml medio; 2gr agar; 1,71 ml BPA; 1710 uL BAP.

Suplementos:

- Hierro FeEDDHA: 50 mg/L
- Cefotaxima: 0,15 g/L para prevenir contaminaciones bacterianas.
- Mio-inositol: 100 mg/L
- Tiamina: 1 mg/L
- L-Cisteína: 50 mg/L para mejorar la absorción de nutrientes.
- Polivinil Pílorridona: 100 mg/L para reducir la oxidación fenólica.
- Caseína hidrolizada: 500 mg/L como fuente de nitrógeno orgánico.
- Sacarosa: 30 g/L como fuente de carbono.
- Agar: 7 g/L (Sigma-Aldrich, EUA) para solidificar el medio.
- Ajuste de PH: El pH del medio debe ajustarse a 5.6 con NaOH 1.0N y HCl 1.0N antes de la esterilización (Sanaguano, 2024).

7.3.5.2. Condiciones de cultivo

Ambiente de cultivo: Mantener los cultivos a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ con una iluminación artificial proporcionada por lámparas fluorescentes de luz blanca, asegurando una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de aproximadamente $36.0 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ con un fotoperíodo de 16 horas de luz por 8 horas de oscuridad. Esterilización del medio: Esterilizar el medio de cultivo en autoclave a 121°C y $1.1 \text{ kg}/\text{cm}^2$ de presión por 20 minutos. Todo el instrumental de laboratorio debe esterilizarse a la misma temperatura y presión, pero por 30 minutos. Desinfección del instrumental: En la cabina de flujo laminar, desinfectar pinzas, bisturíes y otro material mediante calor, utilizando un mechero a gas antes y después de su uso.

Fase de establecimiento: Iniciar con un explante por tubo de ensayo para favorecer el establecimiento inicial y aplicarle un tratamiento con una duración de 10 minutos. En fases subsecuentes de multiplicación y enraizamiento, se pueden colocar tres explantes por frasco de cultivo, realizando tres repeticiones de cada tratamiento para asegurar la repetibilidad y fiabilidad de los resultados (Sanaguano, 2024).



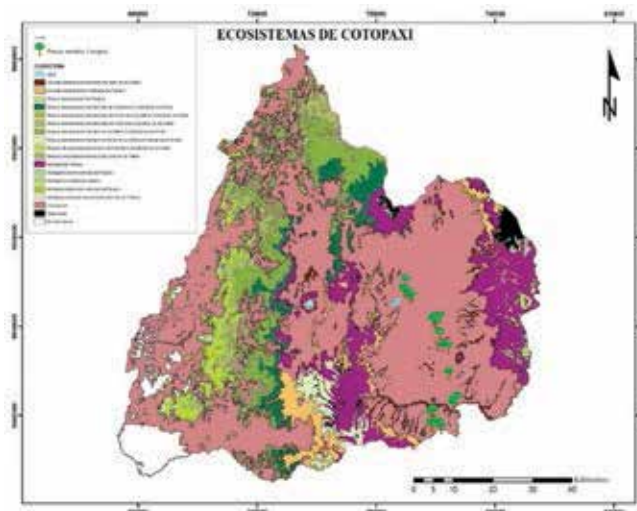
CAPÍTULO VIII

8. ECOSISTEMAS DONDE SE DISTRIBUYE *P. serotina capuli* EN LOS ANDES CENTRALES DE ECUADOR

Los Andes centrales de Ecuador albergan el ecosistema de páramo, que se encuentra distribuido a lo largo de un callejón formado por líneas de bosques que se localizan entre las cordilleras oriental y occidental de los Andes, con una altitud sobre los 3300 y 3500 m.s.n.m respectivamente y a 2800 m.s.n.m en el sur del país.

El callejón interandino es una serie de valles, que se encuentran separados por nudos con elevaciones entre 3000 y 3400 m.s.n.m. Los valles están constituidos por matorrales secos y húmedos montanos. Durante los últimos siglos, la vegetación originaria ha sido destruida y reemplazada casi en su totalidad por campos dedicados a la agricultura y pastizales. En la actualidad, las zonas forestales se limitan a parches de bosques restringidos a quebradas y montañas aisladas que se caracterizan por una composición especialmente de árboles pequeños y arbustos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, p.30; Ruiz, 2022).

Figura 8.1. Ecosistemas de la provincia de Cotopaxi, donde se distribuye *P. serotina capuli*



8.1. ARBUSTAL SIEMPREVERDE MONTANO DEL NORTE DE LOS ANDES

Es un ecosistema caracterizado como matorral montano húmedo distribuido principalmente en la parte norte y central de los valles interandinos, en las subregiones norte y central. Presenta una fisonomía arbustiva y herbácea, y cuenta con un bioclima pluviestacional, es decir, el ambiente es cálido y húmedo durante todo el año con frecuentes lluvias intensas. Se ubica en una zona bioclimática montañosa entre 2000 y 3100 m.s.n.m. Es un ecosistema discontinuo ubicado en quebradas y zonas de difícil acceso, con pendientes que llegan hasta los 60°. Su característica principal es que el bosque montano generalmente ha sido sustituido por cultivos, y en él quedan restos de vegetación arbustiva. No existe diferencia entre la composición florística de los arbustales de la cordillera occidental de los Andes y los arbustales montanos de la cordillera oriental (Jaramillo y Merchán, 2018, pp. 14-15).

8.2. ARBUSTAL SIEMPREVERDE Y HERBAZAL DE PÁRAMO

Está situado en una zona bioclimática Montano Alto y Montano Alto superior que se extiende entre 3300 y 3900 msnm. Presentan plantas arbustales de hasta tres metros de altura; frecuentemente se encuentran dispuestos en parches. Además, están mezclados con pajonales de alrededor de 1,20 m. Con respecto al suelo de este arbustal, es andisol húmico que relativamente se halla bien desarrollado, con un horizonte A de profundidad que varía en promedio entre 30 cm a 50 cm, lo cual es producto de la actividad volcánica y de un clima húmedo y frío. En este ecosistema, también se encuentran los inceptisoles, especialmente en las pendientes pronunciadas y rocas expuestas recientemente (Jaramillo y Merchán, 2018, pp. 15-16; Ruiz, 2022).

8.3. BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO ALTO DEL NORTE Y CENTRO DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES

La variación altitudinal de este tipo de bosques va de los 3000 m.s.n.m a los 3700 m.s.n.m. Se describen como bosques siempreverdes bajos a medios, con un dosel que alcanza la altura de entre 10-15 m. El terreno generalmente se limita

a zonas de topografía accidentada y pendientes muy inclinadas llegando a ser escarpadas (15°-87°), además, poseen suelos inceptisoles y andisoles desaturados que van desde los veinte hasta los cincuenta centímetros de profundidad (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, pp. 38-39; Ruiz , 2022).

Figura 8.2. Ecosistemas de la provincia de Tungurahua, donde se distribuye *P. serotina capuli*



8.4. ARBUSTAL SIEMPREVERDE

Se encuentra en la zona bioclimática Montano. Se halla desde los 2000 hasta los 3100 metros sobre el nivel del mar. Es descrito como un ecosistema discontinuo localizado en quebradas y zonas inaccesibles, caracterizado por una composición vegetativa continua constituida por arbustos altos que van hasta los cinco metros de altura aproximadamente y sotobosque arbustivo que alcanza los dos metros de altura. Está formado por especies típicas andinas, incluidas algunas especies espinosas (Proaño, 2015, p. 173; Jaramillo y Merchán, 2018, pp. 14-15).

8.5. BOSQUE Y ARBUSTAL SEMIDECIDUO DEL NORTE DE LOS VALLES

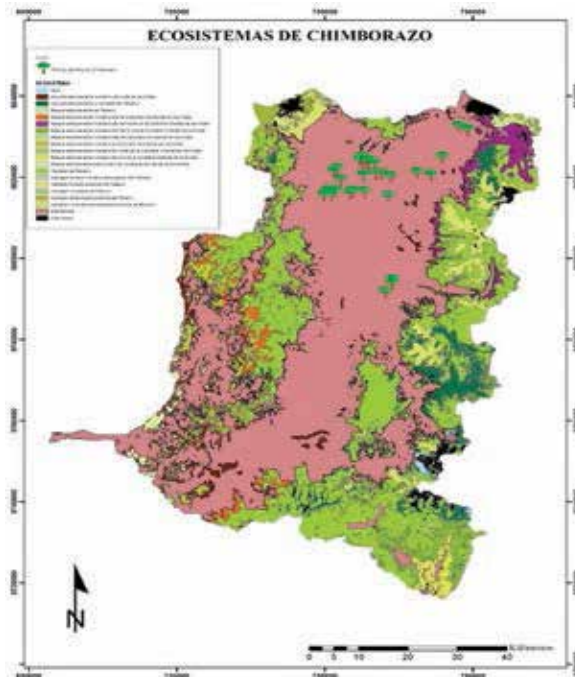
Se ubica en las zonas bioclimáticas Montano y Bajo Montano, entre 1200 y 2600 metros sobre el nivel del mar. A menudo se encuentra en áreas abiertas de-

gradadas con pendientes pronunciadas y grietas en el suelo. Esta formación se presenta en cerros y laderas con suelos pedregosos en valles secos entre la cordillera de los Andes (Proaño, 2015, p. 174).

8.6. BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO DEL NORTE Y CENTRO DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES

La altitud de este ecosistema oscila entre los 2000 metros y los 3000 metros sobre el nivel del mar. El relieve general es montañoso. Bosque siempreverde que alcanza entre 15 y 25 metros de altura. Con relación a los suelos, son inceptisoles y andosoles con alta capacidad de drenaje, posee una textura franco-franco limosa y arcilloso en pequeñas partes al norte franco arenoso y al sur de franco. La flora de este ecosistema se encuentra predominada por elementos andinos, especialmente por las familias Rubiaceae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Solanaceae y además una alta proporción de familias de helechos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, pp. 36-37).

Figura 8.3. Ecosistemas de la provincia de Chimborazo, donde se distribuye *P. serotina capuli*



8.7. HERBAZAL DE PÁRAMO

Se caracteriza por presentar una densa vegetación, principalmente pastos de más de 50 cm de altura. Este es el ecosistema de páramo más grande del país. Se encuentra entre 3400 y 4300 metros sobre el nivel del mar en el norte y entre 2900 y 3900 metros sobre el nivel del mar en el sur (Terán et al., 2019, p. 5).

8.8. BOSQUE SIEMPREVERDE MONTANO

Esta formación incluye la Ceja Andina. Es una vegetación de transición entre bosque montano alto y páramo. Se extiende desde los 3000 hasta los 4000 metros de altitud. En el norte y centro de la cordillera oriental, se encuentra extendido dentro de una franja más estrecha que en las estribaciones occidentales, que van de los 2900 a 3600 m (Muriel, 2008, p. 31).

8.9. BOSQUE MONTANO ALTO

Este tipo de ecosistema se extiende desde los 3000 hasta los 3400 metros sobre el nivel del mar y se caracterizan por contener vegetación de transición entre bosques montanos y el páramo, que se distingue por la conservación de árboles con ramificaciones desde su base y densas capas de musgo. Estos hábitats se caracterizan por una amplia variedad de musgos y epífitas, y son de carácter similar a los bosques nubosos. Además de proteger una fauna única adaptada a ecosistemas de gran altitud, también proporciona servicios hidrológicos que aseguran la calidad y cantidad del agua mediante su excelente capacidad de almacenamiento (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, 2009, p. 10).

Chucuri (2014, p. 11) y Ruiz (2022) mencionan que *P. serotina capuli* en Ecuador se desarrolla en rangos altitudinales que van desde los 2400 hasta los 3900 metros sobre el nivel del mar. Tomando en cuenta este antecedente, la distribución de la especie en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi se puede hallar en los siguientes ecosistemas a lo largo del norte y centro de los Andes: 1) arbustal siempreverde montano, 2) bosque siempreverde montano alto, 3) herbazal de páramo y 4) bosque y arbustal semideciduo del norte de los valles.

Cabe recalcar que los territorios aledaños a la distribución de *P. serotina capuli* también cuentan con características adecuadas para desarrollar esta especie. No se obtuvieron datos de otros ejemplares de capulí que pueden estar presentes en estos ecosistemas debido a que la georreferenciación se llevó a cabo principalmente por la carretera Panamericana. En las provincias de estudio, los árboles de capulí se encuentran distribuidos principalmente en ecosistemas que están formados por zonas intervenidas, a causa de que el territorio en donde se extienden los valles interandinos enfrenta amenazas como la deforestación, lo que genera rápida pérdida y fragmentación del hábitat. Además, la colonización y el rápido crecimiento demográfico (Proaño, 2015, p. 175) tiene un impacto significativo en los ecosistemas debido a la presión adicional que ejerce sobre los recursos naturales, como el agua, la tierra, la biodiversidad.

Chucuri (2014, p. 51) señala que, en la región de los Andes ecuatorianos, la distribución de *P. serotina capuli* se encuentra en las zonas rurales alrededor de los predios agrícolas. Históricamente, el desarrollo económico de Ecuador se ha basado en la producción agrícola. Sin embargo, los procesos agrícolas conducen a la prevalencia de monocultivos, eventos de migración y procesos de domesticación, mismos que afectan significativamente la reducción de los niveles de diversidad genética de especies cultivables y con potencial agrícola como es el caso de *P. serotina capuli*.

En el territorio ecuatoriano, la mayor parte de la vegetación autóctona ha sido destruida y reemplazada por campos dedicados a la agricultura y a pastizales a lo largo de los últimos años. Actualmente, las especies forestales no se manejan de manera adecuada, debido a que los propietarios de estas tierras derriban los árboles, ya que hacen sombra a los cultivos, y ocasionan problemas en sus sembríos. Sin embargo, esta tala indiscriminada, con el pasar del tiempo, da paso a la erosión genética. En Ecuador, el capulí se puede encontrar de manera dispersa en las provincias de la Sierra ecuatoriana, ya que no existen plantaciones extensivas (Chucuri 2013, p. 2; Viteri y Tapia, 2018, p. 4).



CAPÍTULO IX

9. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

Según Segura et al. (2020), los agroecosistemas y los sistemas silvopastoriles, aportan a la generación de parches de bosque y además contribuyen a impulsar las interacciones biológicas y la subsistencia de los servicios ecosistémicos, mismos que son necesarios para mitigar el cambio climático y aportan al bienestar social.

Los sistemas silvopastoriles ofrecen una variedad de beneficios. Sotelo et al. (2017, p. 12) detallan que se caracterizan por estar compuestos por aproximadamente 7000 arbustos por hectárea y, además, pastos mejorados agrupados y árboles esparcidos, aproximadamente de treinta a cincuenta individuos por hectárea. Este método es caracterizado por elevar la producción de forraje, que es utilizado como alimento para los animales. Con ello se logra la optimización de la capacidad de carga del suelo, lo que conduce a reducción de las emisiones de gases invernadero que son producidas a causa de las prácticas agrícolas y ganaderas.

La agroforestería es otro método que puede ayudar a solucionar problemas de las zonas perturbadas, debido a que, la implementación de estos sistemas no solo brinda funciones reguladoras y protectoras del medioambiente, sino que también genera servicios ecosistémicos como la retención de sedimentos, hábitats de aves y regulación del microclima. La agroforestería enfatiza la integración de los componentes arbóreo en las propiedades y, además, en el paisaje agrícola.

Se puede decir que la agroforestería tiene varias direcciones, incluyendo no solo la conservación de la biodiversidad, sino también la gestión de los recursos naturales. En este sentido, Sotelo et al. (2017, pp. 15-16) mencionan que los árboles o arbustos realizan interacciones de manera biológica y económica con cultivos y animales que se agrupan en el mismo territorio. Las estrategias agrosilvopastoriles son una herramienta que contribuye a la conserva-

ción y a la mejora de la biodiversidad; además, son una buena alternativa para mermar la degradación de los suelos que son destinados a la ganadería. Desde una perspectiva de productividad, la llegada y establecimiento de especies importantes, particularmente en sistemas agroforestales, puede aumentar los servicios ecológicos asociados con la polinización, la dispersión de semillas y el control biológico al aumentar el número de aves (Sanchún et al., 2016, pp. 183-185; Ruiz, 2022).

Se contempla la introducción del Sistema Taungya, un método de reforestación basado en la integración de forma temporal de plantaciones forestales con cultivos transitorios. En algunos casos, el Sistema Taungya funciona mejor que la pura restauración forestal, debido a que implica el uso de las tierras agrícola; de lo contrario, un vivero fuera de tierras agrícolas puede terminar con crecimiento excesivo de malezas que generan competencia (Sanchún et al., 2016, pp. 189). También se fomenta la agrosilvicultura porque estos sistemas tienen un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de las personas y adaptarse al cambio climático en zonas tropicales, reduciendo así su vulnerabilidad (Sanchún et al., 2016, pp. 203-204; Ruiz, 2022).

Con esta revisión, nos enfocamos en las siguientes alternativas o estrategias (Ruiz, 2022):

- Establecer una línea base para plantaciones o especies abundantes de *P. serotina capuli* en el territorio de Ecuador.
- Realizar talleres en colaboración con las comunidades en donde están establecidas las áreas de distribución de *P. serotina capuli* para concientizar sobre el potencial de esta especie forestal.
- Elaborar viveros o semilleros en las zonas contiguas a la distribución de *P. serotina capuli* para la propagación de esta especie forestal.
- Realización de talleres a nivel secundario y terciario para ayudar a las personas a comprender la importancia de la conservación de las especies forestales y el potencial de *Prunus serotina capulí*.
- Implementación de proyectos dirigidos a la producción de capulí en Ecuador.

9.1. PLANTEAMIENTO OPERATIVO

Tabla 9.1. Análisis FODA.

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Alta diversidad genética de capulí distribuida a lo largo de la región andina.	Beneficios económicos, ambientales y sociales mediante la conservación y aprovechamiento del capulí <i>P. serotina capuli</i> .	Cotización económica baja del fruto de <i>P. serotina capuli</i> .	Fenómenos climáticos que afectan de forma directa el desarrollo de la planta.
Fuente de conocimiento empírico del capulí por parte de los moradores locales.	Contribución de los GAD para encaminar la conservación de la diversidad genética de la especie capulí <i>P. serotina capuli</i> .	Inexistencia de aprovechamiento forestal.	Germinación compleja de plántulas de capulí debido a las condiciones climáticas adversas.
<i>P. serotina capuli</i> es una especie clave en la restauración de los ecosistemas forestales degradados.	Iniciativas investigativas para la especie <i>P. serotina capuli</i> por parte de universidades de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.	Deficiente predisposición de los agricultores de la zona.	Las prácticas agrícolas restringen los ecosistemas donde se puede distribuir la especie.
Condiciones climáticas que contribuyen al desarrollo adecuado de <i>P. serotina capuli</i> .	Cooperación por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería y del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica para la inclusión de la especie en proyectos de reforestación.	Información deficiente sobre la localización de los individuos de <i>P. serotina capuli</i> y falta de confianza por parte de los agricultores.	Por ser una especie introducida, se desconoce su ciclo fenológico y no ha sido completamente domesticada en el país.
Utilización de <i>P. serotina capuli</i> para mejorar las prácticas agrícolas.	<i>P. serotina capuli</i> , al hallarse dentro de las costumbres gastronómicas de los pobladores de la serranía ecuatoriana, es de importancia cultural.	Desactualización de archivos Shape file acerca de la presencia y distribución en los ecosistemas de <i>P. serotina capuli</i> .	Pérdida de la diversidad genética y de fenotipos superiores del capulí, debido a la falta de la estabilidad de los precios.

9.2. EJES ESTRATÉGICOS Y DEFINICIÓN DE PROGRAMAS

Tabla 9.2. Ejes estratégicos y definición de programas.

Zonificación	Ejes estratégicos	Objetivos	Programas
Zona centro de la serranía ecuatoriana donde se distribuye <i>Prunus serotina capuli</i>	Conservación de la biodiversidad	Preservar la diversidad genética de la especie <i>Prunus serotina capuli</i> y sus hábitats para generar ecosistemas resilientes al cambio climático	Manejo de la biodiversidad
	Desarrollo local	Mejorar la calidad de vida de los agricultores de la zona por medio de una producción integrada en armonía con el ambiente	Generación de réditos económicos basados en el aprovechamiento de <i>Prunus serotina capuli</i>

9.3. MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DE MANEJO

Tabla 9.3. Ejes estratégicos y definición de programas

Área protegida: zona centro de la serranía ecuatoriana			
Objetivos			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conservar la diversidad genética de la especie <i>Prunus serotina capuli</i>. 2. Formar hábitats con una gran diversidad biológica y capaces de adaptarse al cambio climático. 3. Contribuir a la conservación y mejoramiento de la flora y fauna local mediante la creación de un corredor biológico que interconecte las tres regiones. 4. Conservar y mejorar la productividad y el uso de la tierra para mitigar el calentamiento global y el cambio climático. 			
Programas			
1. Manejo de la biodiversidad			
Resultados esperados	Indicador	Período	Fuente de verificación
Restaurar los ecosistemas degradados por medio de la reforestación con especies de <i>Prunus serotina capuli</i>	Restauración del 25 % de los ecosistemas degradados debido a las malas prácticas agrícolas	Año 1	Estudios preliminares Informes técnicos

Alcanzar acuerdos de financiamiento para facilitar la preservación de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	Se alcanza el 50 % del financiamiento para la preservación de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	Año 2	Convenios firmados Informes financieros Actas de compromiso
Conservar y mejorar el estado de la diversidad biológica en la zona centro de la Sierra de Ecuador	Se recupera el 25 % de diversidad biológica en la zona centro de la Sierra de Ecuador	Año 3	Planes de manejo Informes técnicos Fotografías
Aumentar el conocimiento científico acerca del estado actual de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	Conocimiento del 50 % de la flora y fauna presente en la zona centro de la Sierra de Ecuador	Año 4	Guías fotográficas Memorias

Tabla 9.4. Ejes estratégicos y definición de programas

Área protegida: zona centro de la serranía ecuatoriana			
Objetivos			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Integrar de manera sistemática las actividades forestales y agrícolas. 2. Revitalizar la agricultura a pequeña escala, adaptándola a las condiciones locales. 3. Gestionar sosteniblemente y preservar los recursos naturales con el objetivo de mejorar los niveles de vida y comprometerse con la seguridad alimentaria. 4. Gestionar áreas agrícolas y vincularlas con sistemas forestales para preservar los procesos ecológicos y la riqueza genética. 			
Programas			
1. Ingresos económicos basándose en el aprovechamiento de <i>Prunus serotina capuli</i> .			
Resultados esperados	Indicador	Período	Fuente de verificación
Incorporar la especie arbórea a territorios que realicen actividades agrícolas mediante sistemas silvopastoriles	Se han plantado cien plantas de <i>Prunus serotina capuli</i> en territorios agrícolas	Año 1	Fotografías Informe del inventario de plantas de <i>Prunus serotina capuli</i>
Establecimiento de especies de árboles que conecten corredores forestales	Se ha recuperado 5 ha de bosque	Año 2	Fotografías Informes de monitoreo
Capturar y fijar CO ₂ atmosférico en el suelo y mejorar las áreas naturales y silvestres remanentes.	Se ha capturado 8000 kg de CO ₂	Año 3	Informes técnicos Informes ambientales

9.4. DEFINICIÓN DE PROYECTOS

Tabla 9.5. Definición de proyectos

Programas	Resultados esperados	Indicadores anuales	Proyectos
Manejo de la biodiversidad	Recuperar los ecosistemas degradados por medio de la reforestación con especies de <i>Prunus serotina capuli</i>	Restauración del 25 % de los ecosistemas degradados	Restauración ecológica enfocada con especies superiores de <i>Prunus serotina capuli</i>
	Obtener acuerdos de financiación que promuevan la preservación de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	Se ha obtenido un 30 % del financiamiento necesario para la conservación de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	
	Conservación y mejoramiento del estado de la biodiversidad en la Sierra central ecuatoriana	Se ha recuperado un 35 % de diversidad biológica en la zona centro de la serraña ecuatoriana	Creación de corredores biológicos para aumentar la resiliencia de los ecosistemas andinos centrales al cambio climático
	Aumentar el conocimiento científico sobre el estado actual de la diversidad genética de <i>Prunus serotina capuli</i>	Se tiene información de tipos de variedades de <i>Prunus serotina capuli</i> presentes en la zona centro de la Sierra de Ecuador	
Generar beneficios económicos al utilizar <i>Prunus serotina capuli</i>	Incorporación de componentes arbóreos mediante sistemas silvopastoriles en áreas donde se practica la agricultura y controlar o reorientar la producción en las áreas actualmente ocupadas.	Se han sembrado cien plántulas de árboles en zonas agrícolas	Implementación de un sistema silvopastoril cuyo fin se enfoque en la formación de una asociación entre árboles, pastos y ganado
	Implementar especies arbóreas para generar una conectividad de corredores boscosos y evitar el deterioro del medio ambiente	Se han recuperado cinco hectáreas de bosque	Crear un efecto dosel por medio de la aplicación del método Taungya en los espacios donde dominen las comunidades boscosas
	Capturar y fijar CO ₂ atmosférico en el suelo y mejorar las áreas naturales y silvestres	Se logra capturar 7000 kg de CO ₂	

9.5. PROGRAMAS Y PROYECTOS

9.5.1. Programa 1. Manejo de la biodiversidad

Descripción

Uno de los mayores problemas presentes en la región central de la Sierra ecuatoriana es la pérdida de biodiversidad debido a la práctica de la agricultura extensiva. Por ello, este programa fue creado para contribuir a la gestión y conservación de la biodiversidad presente en el territorio, utilizando técnicas de restauración y forestación.

Objetivos del programa

- Crear espacios con el dominio de individuos correspondientes a la especie *Prunus serotina capuli* en espacios de estructuras típicas de los bosques naturales.
- Restaurar ecosistemas degradados mediante forestación con la especie *Prunus serotina capuli*.
- Conservar y mejorar el estado de la biodiversidad en la sierra centro ecuatoriana.
- Elevar el conocimiento científico acerca del estado actual de la diversidad genética de *Prunus serotina capuli*

Metas

- Recuperación del 25 % de los ecosistemas degradados a causa de la agricultura.
- Se ha restaurado un 25 % de diversidad biológica en la sierra centro ecuatoriana.
- Se obtiene el 50 % de financiación requerida para la preservación de la diversidad genética de *Prunus serotina capuli*.

Beneficiarios

- Habitantes de las zonas rurales pertenecientes a las provincias de Chimbo-razo, Tungurahua y Cotopaxi

- Universidades
- GAD Provinciales.

Responsables

GAD Provinciales de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi.

Posibles instituciones de financiamiento

- Gobiernos seccionales
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica
- Otras ONG

Marco lógico de proyectos

Tabla 9.6. Marco lógico

Nombre del proyecto: Restauración ecosistémica con fenotipos élite de la especie <i>Prunus serotina capuli</i>			
Duración del proyecto: cuatro años			
Narrativa de objetivos	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos
Fin Crear terrenos o claros con prácticas agrícolas al lado las estructuras típicas de bosques naturales creados por poblaciones de <i>Prunus serotina capuli</i>	100 % del territorio agrícola se encuentra en condiciones adecuadas con claros arbóreos	Estudios preliminares	Interés de cooperación de agricultores
Propósito Uso sostenible y reducción de gases de efecto invernadero	50 % de disminución de gases invernadero en las prácticas asociadas la agricultura y ganaderas	Informes técnicos	Interés de cooperación de agricultores
Componentes Constitución y estratificación de zonas agrícolas con bosques.	50 % de las zonas agrícolas disponen de remanentes de bosque	Fotografías Informes agrícolas	Interés de cooperación de agricultores
Actividades			
Realizar un análisis de situación y comprender la situación actual en áreas degradadas por actividades agrícolas.			

Determinación de estrategias para el establecimiento de fenotipos superiores de <i>Prunus serotina capuli</i> en los ambientes agroecológicos.
Implementación de estrategias de recuperación ecológica centradas en individuos superiores de <i>Prunus serotina capuli</i> .
Esquema del seguimiento de la especie <i>Prunus serotina capuli</i> y sus medidas de recuperación ecológica.
Ejecución de talleres participativos para entender la importancia de proteger las especies forestales y el potencial de <i>Prunus serotina capuli</i> para el ser humano.

Tabla 9.6. Marco lógico

Nombre del proyecto: Creación de corredores biológicos en los Andes centrales de Ecuador			
Duración del proyecto: cuatro años			
Narrativa de objetivos	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos
Fin Fomento de cultivo, mantenimiento y conservación de la especie <i>Prunus serotina capuli</i> y su hábitat	Protección del 30 % de los hábitats presentes en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi.	Informes técnicos	Disponibilidad de personal y presupuestaria
Propósito Promover la conciencia sobre la importancia y los beneficios de la preservación de <i>Prunus serotina capuli</i> y sus hábitats	El 10 % de la población sabe de la importancia de los hábitats de <i>Prunus serotina capuli</i>	Actas de compromiso	Falta de apoyo de las personas involucradas
Componentes Evaluación de la formación de corredores biológicos	Se estructura un corredor biológico que conecta las tres áreas de estudio	Informe técnico Registro fotográfico	Apoyo por parte de la autoridades competentes
Actividades			
Identificar áreas degradadas.			
Determinar estrategias y técnicas que deben utilizarse.			
Escoger los individuos de <i>Prunus serotina capuli</i> .			
Emplear técnicas con especies seleccionadas para formar corredores biológicos.			
Realizar un seguimiento semestral con informes respectivos.			
Compartir los resultados obtenidos cada año.			

9.5.2. Programa 2. Desarrollo local

Descripción

Las actividades agrícolas son el pilar fundamental en la economía para la subsistencia de los habitantes de la Sierra de Ecuador. Por tanto, el programa se basa en la gestión integrada de la agricultura y la regeneración forestal. El predominio de los monocultivos no solo impacta negativamente en la erosión del suelo, sino que también cambia la diversidad genética de la biodiversidad, por lo que es importante involucrar a los agricultores en la creación de ecosistemas que puedan resistir el cambio climático.

Objetivos del programa

- Integrar componentes arbóreos mediante sistemas silvopastoriles en las áreas donde se práctica la agricultura para controlar o redirigir la producción en los territorios actualmente ocupados.
- Establecer especies arbóreas para la generación de conectividad de los corredores boscosos y evitar la degradación medioambiental.
- Capturar y fijar CO₂ atmosférico en el suelo y mejorar las áreas naturales y silvestres remanentes.

Metas

- Realizar la plantación de 10 000 plántulas de *Prunus serotina capuli* en áreas agrícolas.
- Restablecer cinco hectáreas de bosque
- Monitorear captura de CO₂

Beneficiarios

- Habitantes pertenecientes a la zona rural de las provincias estudiadas: Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi
- Universidades
- GAD Provinciales y cantonales

Responsables

- GAD Provinciales de Chimborazo, Tungurahua, Chimborazo

Posibles instituciones de financiamiento

- Gobiernos seccionales
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Otras ONG

Marco lógico de proyectos

Tabla 9.8. Marco lógico del proyecto

Nombre del proyecto: Implementación de sistemas silvopastoriles para crear una asociación entre árboles, pastos y ganado			
Duración del proyecto: cuatro años			
Narrativa de objetivos	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos
Fin Fomentar una producción agropecuaria de manera sostenible	El 50 % de la producción agropecuaria es realizada dentro del ámbito de la sostenibilidad Productividad del 5 % por año tomando en cuenta los estudios de financiamiento y entidades que deseen participar	Informes técnicos	Disponibilidad de personal y presupuestaria
Propósito Implementar sistemas de producción resilientes al cambio climático	Se ha implementado un sistema de producción resiliente al cambio climático (considerando el número de fincas y/o productores que se desea implementar)	Fotografías Informes técnicos	Falta de apoyo de las personas involucradas
Componentes Diseño y evaluación del sistema silvopastoril	El 25 % de los agricultores han implementado un sistema silvopastoril	Informe técnico sobre la implementación del sistema silvopastoril Fichas de registro suscritas por el productor	Apoyo por parte de la autoridades competentes

Actividades
Investigaciones preliminares sobre procesos agrícolas.
Plantar plántulas procedentes de un vivero.
Cuidado y mantenimiento de las plántulas.
Insertar arbustos y especies forrajeras en los sistemas de producción.
Crear áreas de regeneración natural en potreros.
Aprovechar el pasto presente y conservar la plantación limpia.
Monitorear el sistema silvopastoril.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2019). Caracterización carpológica de la especie de uso alimenticio *Prunus serotina* Kunth 1879 en la Zona Central de los Andes del Ecuador. Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Adeyemi, O., Chirwa, P. y Babalola, F. (2022). Assessing Local People's Perceptions and P for Ecosystem Services to Support Management Plan in Omo Biosphere Reserve, Nigeria. *Environ. Dev.* 43, 100738.
- Aerts, R., Ewald, M., Nicolas, M., Piat, J., Skowronek, S., Lenoir, J. y Honnay, O. (2017). Invasion by the Alien Tree *Prunus serotina* Alters Ecosystem Functions in a Temperate Deciduous Forest. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00179>
- Agbenyega, O., Burgess, P., Cook, M. y Morris, J. (2009). Application of An Ecosystem Function Framework to Perceptions of Community Woodlands. *Land Use Policy* 2009, 26, 551-557.
- Ahammad, R., Stacey, N. y Sunderland, T. (2019). Uso e importancia percibida de los servicios de los ecosistemas forestales en los medios de vida rurales de Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Serv. De Ecosistema* 2019, 35.
- Ahrén, M., Ali, N., Cabrera, A., Greiber, T., Kamau, E., Nieto, J. y Williams, C. (2013). Guía explicativa del Protocolo de Nagoya : sobre acceso y participación en los beneficios. <https://portals.iucn.org/library/node/10403>
- Álvarez, J. y Manuel, A. (2024). Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. 38 (1), 13-22.
- AMB. 2000. Memorias del Foro Arborización urbana. Bogotá D.C. Alcaldía Mayor
- Andino, E. (2018). Evaluación de cuatro métodos de escarificación y dos sustratos para la obtención de plántulas de capulí (*Prunus serotina* Ehrh) en

el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Apcarian, A. e Irisarri, J. (2011). Las cenizas volcánicas y sus efectos sobre el suelo. https://www.rionegro.com.ar/las-cenizas-volcanicas-y-sus-efectos-sobre-el-ASRN_652332/
- Asamblea Nacional. (2017). Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura. <https://bch.cbd.int/database/attachment/?id=17883>
- Avilés, I. R. y Chaparro, J. J. G. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 12(1), 96-102.
- Badui, S. (1999). Química de los alimentos. Pearson Educación.
- Benavides C. (2000) Caracterización de sitios con *Pinus radiata*. Don en un transecto altitudinal con suelos vitrans de los páramos del Cotopaxi, Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/271319988_Caracterizacion_de_suelos_a_lo_largo_de_un_gradiente_altitudinal_en_Ecuador
- Bernués, A., Rodríguez, T., Ripoll, R. y Alfnes, F. (2014). Sociocultural and Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Mediterranean Mountain Agroecosystems. *PLoS ONE*, 9, e102479. Black cherry seed (*Prunus serotina*). *Polibotánica* 2012, 34, 203–215. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n34/n34a11.pdf>
- Boafo, Y., Saito, O., Kato, S., Kamiyama, C., Takeuchi, K. y Nakahara, M. (2016). El papel del conocimiento ecológico tradicional en la gestión de servicios de los ecosistemas: El caso de cuatro comunidades rurales en el norte de Ghana. *Revista Internacional de Ciencias de la Biodiversidad*, 12, 24-38.
- Borja, E., Guara M. y Delgado, A. (2017). Caracterización ecogeográfica de *Prunus serotina* Ehrh subsp. Capuli (Cav.) McVaugh (capulí) en la región andina de Ecuador.
- Brady, N.C. y Weil, R.R. (2002). *The Nature and Properties of Soils* (13ª ed.). Prentice Hall.
Este libro clásico en edafología describe al suelo como un recurso natural esencial para la vida en la Tierra, clave en el desarrollo de ecosistemas.

- Bravato, M. (1974). Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae) de Venezuela. *acta bot. venez.* 9(1-4): 317-361.
- Buendía, S. (1988). Cultivo y fisiología de tres selecciones de capulín en el suroeste del Estado de México. BSc. Thesis, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Bulling, M., Hicks, N., Murray, L., Paterson, D., Raffaelli, D., White, P. y Solan, M. (2010). Funciones del ecosistema de la biodiversidad marina bajo futuros ambientales inciertos. *Fil. Trans. R. Soc. B*, 365, 2107–2116.
- Calero, L. (2011). Estudio de la naturaleza química de los compuestos volátiles de aromas: identificación de aquellos presentes en varias especies frutales endémicas del Ecuador. (Tesis de Magíster en Tecnología). Universidad San Francisco Quito.
- Calvet, L., Gómez, E y Reyes, V. (2012). Beyond Food Production: Ecosystem Services Provided by Home Gardens. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Northeastern Spain. *Ecol. Econ.* 2012, 74, 153-160.
- Camacho, V., Sáenz, A., Ghermandi, A., Navarrete, D. A. y Rodiles, R. (2020). Spatial analysis, local people's perception and economic valuation of wetland ecosystem services in the Usumacinta floodplain, Southern Mexico. *PeerJ* 2020, 8, e8395.
- Camacho, V., y Ruiz, O. (2013). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4).
- Carrasco, J. C., Palaquibay, L. F. L., Serrano, V. L. C., Rivera, Á. G. A., Velásquez, D. J. C., y Velásquez, C. R. C. (2022). Producción y comercialización de capulí (*Prunus Serotina Subsp. Capuli*): Un Caso de Estudio en las Zonas Rurales de los Andes Centrales del Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 8 (2), 886-906.
- Carretero, P. y Campaña, V. (2016). Propuestas de revitalización de la confección artesanal de alfombras en Guano (Chimborazo, Ecuador). https://www.academia.edu/27517794/PROSPUESTAS_DE_REVITALIZACION_DE_LA_CONFECION_ARTESANAL_DE_ALFOMBRAS_EN_GUANO_CHIMBORAZO_ECUADOR_

- Cayambe, U., & Wilfrido, P. (2014). Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación “in vitro” de capulí (*Prunus serotina* ssp capulí Cav) a partir de segmentos nodales. Quito, Pichincha.
- Centeno, J., Pérez, O. (2013). Patrimonio alimentario. Fascículo 4, 7 (9). Dirección de Comunicación Ministerio de Cultura y Patrimonio. Ecuador.
- Cerda, C. y Tironi, A. (2017). La evaluación no monetaria de los servicios ecosistémicos: perspectivas para la gestión sostenible del territorio. *Luna Azul*, (45), 329-352.
- Chisaguano, L. (2012). Evaluación de la aplicación de tres productos inductores de brotación en capulí (*Prunus capuli*), comunidad Quilajaló – Salcedo – Cotopaxi. Universidad Técnica de Cotopaxi. [http:// utc.edu.ec/bitstream/27000/750/1/T-UTC-0579.pdf](http://utc.edu.ec/bitstream/27000/750/1/T-UTC-0579.pdf).
- Christensen, N., Bartuska, A., Brown, J., Carpenter, S., D’Antonio, C., Francis, R., Franklin, J., MacMahon, J., Noss, R., & Parsons, D. (1996). The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. *Ecol. Appl.* 1996, 6, 665–691.
- Chucuri, J. (2014). Caracterización morfoagronómica in situ y molecular de capulí (*Prunus serotina* Ehrh.) del banco nacional de germoplasma del INIAP-Ecuador.
- Clark, R. (1982). Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, pp. 1039 – 1057.
- Cohen, J., Dabral, S., Graham, D., Prenger, P. y Debusk, F. (2006). Evaluating Ecological Condition Using Soil Biogeochemical Parameters and Near Infrared Reflectance Spectra. *Environmental Monitoring and Assessment*. 116(1-3), 427-457. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-7664-8>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449, 20 de octubre.
- Contreras, R. (2017). Análisis de la diversidad genética del capulí (*Prunus serotina*), en la región andina del Ecuador, utilizando marcadores moleculares AFLP. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6555>

- Corzo, A. C. (2010). Componentes del bosque urbano que influyen en el microclima y el potencial de enfriamiento. *Revista Árvore*, 41(6), e410603.
- Cronk, Q. y Fuller, J. (1995). Plantas invasoras: la amenaza a los ecosistemas naturales. Chapman & Hall.
- Dagatti, V., Becerra, C. y Herrera, E. (2014). Caracterización de daños producidos por *Meloidogyne Spp.* (Nemata: Tylenchida) en la vid en Mendoza, Argentina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31 (2), 51. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.31>
- De Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. y Willemsen, L. (2010). Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning, Management and Decision Making. *Ecol. Complex.* 2010, 7, 260-272.
- Deckers, B., Verheyen, K., Vanhellefont, M., Maddens, E., Muys, B. y Hermy, M. (2008). Impact of Avian Frugivores on Dispersal and Recruitment of T h e Invasive *Prunus serotina* in An Agricultural Landscape. *Biological Invasions*, 10 (5), 717-727. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9164-3>
- Domínguez, J. (2014). Biodiversidad Caribe y Servicios Ecosistémicos. Universidad del Norte.
- Downey, S. y Iezzoni, A. (2000). Polymorphic DNA Markers in Black Cherry (*Prunus serotina*) Are Identified Using Sequences from Sweet Cherry, Peach, and Sour Cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125 (1), 76-80.
- Endo, S., Yamamoto, T., Honna, M., Takashina, K., Iimura, R. y López A.(2000). Behavior and Distribution of Salts Under Irrigated Agriculture in T h e Middle of Baja California, Mexico. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 71: 18. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110001746940/amp/en>
- Englund, O., Berndes, G. y Cederberg, C. (2017). How to Analyse Ecosystem Services in Landscapes A Systematic Review. *Ecol. Indic.* 2017, 73, 492-504.
- Espinosa, J. (2008). Distribución, uso y manejo de los suelos de la Región Andina. En XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador. p. 1-9.

- FAO. (2015). *Soils are the Foundation for Vegetation*. FAO.
- Farquhar, G. D., & Berry, J. A. (2001). Modelos de fotosíntesis. *Fisiología vegetal*, 125 (1), 42-45.ç
- Fernández-Calviño, D., Rousk, J., Brookes, P. C. y Bååth, E. (2011). Bacterial pH-optima for Growth Track Soil pH, but Are Higher Than Expected at Low pH. *Soil Biology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/soil-bio.2011.04.007>
- Flores, J. (2008). Estudio de capulí e introducción en la cocina de la Sierra ecuatoriana. Tesis de Administrador Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial Escuela de Gastronomía.
- Fontúrbel, F. Los vitropatógenos: consideraciones generales, detección y eliminación. [en línea] El portal de Biología y Ciencias de la Salud, 2001, vol. 6, p. 1-11.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *ISPM No. 11: Pest risk analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks (International Standards for Phytosanitary Measures No. 11, Rev. 1)*. FAO.
- Freire, E. (2020). Evaluación del potencial antioxidante de extractos metanólicos a partir de la cáscara y pulpa de capulí (*Prunus serotina*) proveniente de la ciudad de Ambato. Tesis de Ingeniero. Universidad Agraria del Ecuador.
- Fresnedo, J., Segura, S. y Muratalla, A. (2011). Morphovariability of Capulín (*Prunus serotina* Ehrh.) in The Central Western Region of Mexico from A Plant Genetic Resources Perspective. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58 (4), 481-495. <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9592-2>
- García, C. y Vollmann, S. (2015). Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*. https://www.researchgate.net/publication/271319988_Caracterizacion_de_suelos_a_lo_largo_de_un_gradiente_altitudinal_en_Ecuador
- García, H. (2012). Deforestación en Colombia: retos y perspectivas. Fedesarrollo.

- García-Llorente, M. J., Castro, A., Quintas-Soriano, C., Oteros-Rozas, E., Iniesta-Arandia, I., González, J. A., García del Amo, D., Hernández-Arroyo, M., Casado-Arzuaga, I. y Palomo, I. (2020). Percepciones locales de los servicios ecosistémicos en múltiples tipos de ecosistemas en España. *Terreno*, 9, 330.
- Gasca, C., Menjívar, J. y Torrente, A. (2011). Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169922363003.pdf>
- Gouwakinnou, G., Biaou, S. y Vodouhe, F. (2019). Local Perceptions and Factors Etermining Ecosystem Services Identification around Two Forest Reserves in Northern Benin. *J. Etnobiol. Etnomed*, 15, 15-61.
- Guadalupe, J., Gutiérrez, B., Intriago, D., Arahana, V., Tobar, J., Torres, A. y Torres, M. (2015). Genetic Diversity and Distribution Patterns of Ecuadorian Capuli (*Prunus serotina*). *Bioche Syst and Ecol.* 60, 67-73.
- Gunn, C. (1984). Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoideae (Fabaceae). technical bulletin nº1681. agricultural Research Service. United States Departament of Agriculture, Washington DC.
- Guzmán, F., Segura, S., Aradhya, M. y Potter, D. (2018). Evaluation of The Genetic Structure Present in Natural Populations of Four Subspecies of Black Cherry (*Prunus serotina Ehrh.*) from North America Using SSR Markers. *Scientia Horticulturae*. 232: 206-215.
- Guzmán, FA., Segura, S. y Fresnedo, J. (2018). Variación morfológica del cerezo negro (*Prunus serotina Ehrh.*) asociada a las condiciones ambientales en México y Estados Unidos. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 65 , 2151–2168.
- Haddix, L., Gregorich, G., Helgason, L., Janzen, H., Ellert, H. y Francesca, M. (2020). Climate, Carbon Content, and Soil Texture Control The Independent Formation and Persistence of Particulate and Mineral-Associated Organic Matter in Soil. *Geoderma*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoder-ma.2019.114160>
- Hagin, J., A. y Tucker, B. (1983). Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. <https://doi.org/10.1002/jpln.19831460628>

- Hanson, J. (1984). The function of calcium in plant nutrition. *Advances in plant nutrition*, pp. 149-208.
- Hargreaves, R., Brookes, C., Ross, S. y Poulton, R. (2003). Evaluating Soil Microbial Biomass Carbon as An Indicator of Long-Term Environmental Change. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(2002\)91-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(2002)91-2)
- Henao, M. y Hernández, E. (2002). Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc053%2804%29293-305.pdf>
- Hernández Cajas, J. D., Kaiser Flores, A. J. y Kaiser Flores, B. J. (2024). Influencia de las micorrizas arbusculares en la calidad ambiental del suelo de plantaciones de cacao bajo diferentes esquemas de fertilización.
- Hernández, J., Fernández, V., Sulbarán, B. y Berradre, M. (2012). Actividad antioxidante de lámina flexible de lechosa (*Carica papaya*). *Vitae*, 19 (1), S343-S345.
- Hernández, W. y Salas, E. (1994). Vista de La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. Obtenido de; <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6732/6420>
- Herve D., Henin D. y Riviere G. (1994). Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes. https://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf
- Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P.A., Smith, B., Costa, L., Giesecke, T., Fronzek, S., Carter, T. y Cramer, W. (2012). Proyectar la distribución futura de las zonas de vegetación natural potenciales europeas con un modelo de vegetación dinámico.
- Hlatky, A. (1990). El capulí: informe preliminar de dos variedades y cuatro sistemas de formación. INIAP.
- Hormigos, A. (2013). Los guardianes de la Amazonía: arte y memoria indígena de los árboles. *Ojo Público*.

- Houdanon, R., Mensah, S., Gnanglè, C., Yorou, N. y Houinato, M. (2018). Servicios ecosistémicos y existencias de biomasa de rodales de bambú en el centro y sur de Benin, África occidental. *Ecol. Y Medio Ambiente Energía*, 3, 185-194.
- Hough, Ashbel F. (1965). Black cherry (*Prunus serotina Ehrh.*). En *Silvics of forest trees of the United States*, 539-545. H. A. Fowells, comp. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271.
- Infante, B., Jara, A. y Rivera, O. (2008). Árboles y arbustos más frecuentes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Herbario Nacional Colombia (COL). Instituto Nacional de Ciencias Naturales (INCN). Unilibros.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador. (2018). *Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según cantones, 2010-2020*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2016). *La biodiversidad para la agricultura y la alimentación en Ecuador: Estado actual y proyecciones de su uso sustentable y conservación (resumen del informe nacional)*. Quito, Ecuador: INIAP/FAO.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2012). Anuario meteorológico, N° 51-2011. Quito: INAMHI.
- Intriago, D., Torres, M., Arajana, V. y Tobar, J. (2013). Evaluación de la variabilidad genética del capulí (*Prunus serotina capuli*) en tres provincias del Ecuador. <https://doi.org/10.26807/remcb.v34i1-2.231>
- Jackson, L., Pascual, U. y Hodgkin, T. (2006). Utilizing and Conserving Agrobiodiversity in Agriculture Landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121, 196-210.
- Jaramillo, L., Marelys. y Merchán, R. (2018). Evaluación de las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales en la parroquia Angochagua. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8654/1/03%20NR%20294%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- Jiménez, M., Castillo, I., Azuara, E. y Beristain, C. (2011). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Capulin (*Prunus serotina capuli*) Extracts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10 (1), 29-37. <http://www.rmiq.org/iqfvp/Pdfs/Vol.%2010,%20No.%201/4. Pdf>

- Jones, J., Jones, R., Stall J. y Zitter, T. (2001). Plagas y enfermedades del tomate. The American Phytopathological Society. Traducido por M. Jiménez y revisado por R. Jiménez. Ediciones Mundi-Prensa.
- Julcamoro Chiclote, N. F. (2019). Evaluación de las plagas del capulí (*Prunus serotina* Ehrh.) en los distritos de Cajamarca y Namora.
- Kennedy, J., Baker, P., Piper, C., Cotter, P. D., Walsh, M. y Mooij, M. J. (2009). Isolation and Analysis of Bacteria with Antimicrobial Activities from The Marine Sponge *Haliclona simulans* Collected from Irish Waters. Mar Biotechnol. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18953608>
- Kimpouni, V., Nzila, J., Watha, N., Madzella, M., Yallo, S. y Kampe, J. (2021). Exploring Local People's Perception of Ecosystem Services in *Djournouna Periurban* Forest, Brazzaville. Congo. Int. J. For. Res. 6612649.
- Kinzer, A. (2018). Zonas de influencia: uso de recursos forestales, proximidad y medios de vida en el bosque de Kijabe. Universidad de Michigan, Escuela de Medio Ambiente y Sostenibilidad.
- Kowarik I. (1995). Lapsos de tiempo en las invasiones biológicas con respecto al éxito y fracaso de las especies exóticas. En Pysek P, Prach K, Rejmane M, Wade M (eds.), Invasiones vegetales: aspectos generales y problemas especiales. Taller celebrado en Kostelec nad Cernymi-lesy, República Checa, del 16 al 19 de septiembre de 1993. Ámsterdam, Países Bajos, 15-38.
- León, F. y Etchevers, J. (1999). La educación superior en ciencia del suelo: una perspectiva latinoamericana.
- Liu, X. y Pijut, P. (2008). Plant Regeneration from in Vitro Leaves of Mature Black Cherry (*Prunus serotina*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 94 (2), 113-123. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9393-x>
- Loján, L. (2003). El verdor de los Andes ecuatorianos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- Longar, M. (2004). Frutos prohibidos. Pérdida de biodiversidad de especies frutales en México. Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS). Instituto Politécnico Nacional.

- López, R., Villavicencio E., Real, A., Ramírez, L. y Murillo, B. (2003). Macronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321304.pdf>
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A. y Wang, T. (2015). Impactos de la contaminación del suelo y el agua en la seguridad alimentaria y los riesgos para la salud en China. *Medio ambiente internacional*, 77, 5-15.
- Lubov, A. (1974). *Estadística básica: un enfoque moderno*. Harcourt Brace Jovanovich; Houghton Mifflin Harcourt Publishing.
- Luna-Vázquez, F., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J., Yahia, E., Rivera-Pastrana, D., Rojas-Molina, A. y Zavala-Sánchez, M. (2013). Nutraceutical Value of Black Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidante and Anti-hypertensive Properties. *Molecules*, 14597-14612. doi:10.3390/molecules181214597
- Luzuriaga, S. (1996). Propagación de la acerola (*Malpighia glabra*, L.) por estacas con hojas. Tesis doctoral. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana.
- Manu Pant, Azamal Husen. (2022). Chapter 20 - In vitro micrografting to induce juvenility and improvement of rooting, Editor(s): Azamal Husen, In *Plant Biology, Sustainability and Climate Change, Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings*, Academic Press.
- Marqués, DA. (1990). *Prunus serotina* Ehrh. Cereza Negra. *Silv. N. Am.* 2 , 594-604.
- Márquez, C. (2017). El capulí es augurio de la fertilidad en la cosmovisión andina. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/capuli-augurio-fertilidad-cosmovision-andina.html>
- Martín, B., Iniesta, I., García, M., Palomo, I., Casado, I., García del Amo, D., Gómez, E., Oteros, E., Palacios, I. y Willaarts, B. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS ONE* 7, e38970.
- McVaugh, R. (1951). Una revisión de las cerezas negras norteamericanas (*Prunus serotina* ehrh. y parientes). *Brittonia* 1951 , 7 , 279-315.

- Merdan, N., Eyupoglu, S. y Duman, M. N. (2017). Ecological and sustainable natural Dyes. *Textiles and Clothing Sustainability: Sustainable Textile Chemical Processes*, 1-41.
- Merritt, J., Chambers, E., Wilkinson, B., West, J., Murphy, W. y Gunn, D.(2016). Measurement and Modelling of Moisture. Electrical Resistivity Relationship of Fine-Grained Unsaturated Soils and Electrical Anisotropy. *Journal of Applied Geophysics*. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.11.005>
- Mille, L. (1942). El capulí. Instituto de Ciencias Naturales del Ecuador. 2, Quito. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6538247.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis of Biodiversity*. World Resources Institute. https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Clasificacion-de-tipos-de-Servicios-Ecosistemicos-Tomado-de-MEA-2005-Chapin_fig1_271205520
- Miller, T. (2013). Constructing Sustainability Science: Emerging Perspectives and Research Trajectories. *Sustain. Sci.* 8, 279-293.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Sistema nacional de áreas protegidas.
- Montes, C. y Sala, O. (2007). La evaluación de los ecosistemas del milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas*, 16, 137-147.
- Montoya, R., Spinola, A., Hernández, T. y Paredes, D. (2007). Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos.
- Mostacero, G. (2019). Etiología y patogénesis de la mancha de ojo en maíz. Universidad Nacional de Cajamarca.
- MPC. (2013). Patrimonio alimentario. Ecuador ama la vida.
- Muñoz, N. y Yáñez, Á. (1997). Distribución de especies vegetales en ecosistemas naturales desde la óptica del Continuum: Evolución de la idea y algunos métodos para su caracterización. Seminario Bibliográfico, Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

- Muriel M. (2008). La diversidad de ecosistemas en el Ecuador. https://www.ecotec.edu.ec/documentacion/investigaciones/docentes_y_directivos/articulos/5453_TRECALDE_00098.pdf.
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. (2009). Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito. Inabio. http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/L_Guia_ecosistemas_DMQ-1.pdf.
- Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*.
- Narute Serve. (2018). Comprehensive Report Species - *Prunus serotina*. http://explorer.natureserve.org/servlet/NatureServe?sourceTemplate=tabular_report.wmt&loadTemplate=species_RptComprehensive.wmt&selectedReport=RptComprehensive.wmt&summaryView=tabular_report.wmt&elKey=159253&paging=home&save=true&startIndex=1&nextStartIndex=1&reset=false&offPageSelectedElKey=159253&offPageSelectedElType=species&offPageYesNo=true&post_processes=&radiobutton=radiobutton&selectedIndexes=159253&selectedIndexes=961463&selectedIndexes=137458&selectedIndexes=133326&selectedIndexes=961464&selectedIndexes=140867&selectedIndexes=961465&selectedIndexes=140979
- Netherlands Environmental Assessment Agency. (2010). Rethinking Global Biodiversity Strategies: Exploring Structural Changes in Production and Consumption to Reduce Biodiversity Loss.
- Niembro, A., Vázquez, M. y Sánchez, O. (2010). Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Ning, Q., Chen, L., Jia, Z., Zhang, C., Ma, D. y Li, F. (2020). Multiple Long Term Observations Reveal a Strategy for Soil pH-Dependent Fertilization and Fungal Communities in Support of Agricultural Production. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 293, 106837. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106837>
- Nowak, D. J. y McHale, P. J. (1998). Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. In S.-E. Gryning & N. Chaumerliac (Eds.), *Air pollution modeling and its application XII* (pp. 399–407).
- Orellana PP (1998) Propagación vía organogénesis. En: Pérez, JN (Ed). Propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología, pp.151-177. IBP, Santa Clara

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2024). Servicios ecosistémicos. <https://www.fao.org/agrovoc/es/concepts-of-the-month/servicios-ecosist%C3cos>
- Ornat, C. y Sorribas, J. (2008). Integrated Management of Root-Knot Nematodes in Mediterranean Horticultural Crops. En Ciancio, A. y Mikerji, K. G., Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes, 295-319. Springer.
- Ostrom, E. (2012). Árboles nativos de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 3, 1011.
- Packer, A. y Clay, K. (2003). Soil Pathogens and *Prunus serotina* Seedling And Sapling Growth Near Conspecific Trees. Ecology, 84 (1), 108-119.
- Pairon, M., Jacquemart, A. y Potter, D. (2008). Detection and Characterization of Genome Specific Microsatellite Markers in Allotetraploid *Prunus serotina*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 133, 390–395
- Palacios, W. (2011). Árboles del Ecuador. Grupo Comunicacional Efigie.
- Parra, C., Coello, P., Acosta, J. y Martínez, E. (2004). Respuesta a la deficiencia de fosfato de genotipos de frijol contrastantes en su capacidad de crecer en suelos con bajo contenido de fósforo. Agrociencia, 38 (2), 131-139. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo>
- Paz, C. (2020). Cultivo in vitro de tejidos vegetales. San Pedro.
- Perry, R., Moens, M. y Starr, J. L. (2009). Root-Knot Nematodes. Reino Unido.
- Peterjohn W,T. y Schlesinger W,H. (1990) Pérdida de nitrógeno de los desiertos del suroeste Estados Unidos. Biogeoquímica 10:67-79.
- Perez, C. (2017). Implementación en el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP de una Unidad de Crioconservación de Germoplasma Vegetal. Recuperado el 17 de junio de 2019, de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/5029/4/Anexo%204.-%20Protocolo%20Implementaci%C3%B3n%20en%20el%20Banco%20Nacional%20de%20Germoplasma.pdf>

- Pierik, R.L.M. (1987). In vitro culture of higher plants. Dordrecht, The Netherlands, NL. Martinus Nijhoff Publishers. p. 343
- Pikitch, E. (2004). Ecosystem-based Fisheries Management. *Science*, 305, 346-347.
- Popenoe, W. y Pachano, A. (1922). The Capulín Cherry: a Superior Form of the Northern Black Cherry Developed in The Highlands of Tropical. America. *Journal of Heredity*. 13 (2) 51-62.
- Portilla, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Editorial Abya-Yala.
- Proaño Burbano, M. (2015). Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9935/Tesis_PlanAccion_MDP.pdf?sequence=1
- Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27 (1), 76-89.
- Ramírez, C., Galvez, A. y Burbano, M. (2014). Solubilización de fosfatos: Una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *NOVA*, 12 (21). <https://doi.org/10.22490/24629448.997>
- Ramos-Palacios, C. R. (2010). *Parámetros básicos para el diseño de arbolado urbano en espacios abiertos*. CEPROMADI, Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Raymond, W. y Nyle, B. (2017). *The Nature and Properties of Soil*. Pearson Education. https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition
- Retamal, R., Alpízar, F, Jiménez, F. y Madrigal, R. (2008). Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán Ruinas, Honduras. Serie técnica. Informe técnico. [Revista_42/42_diversidad_agricola_andina.html](http://revista_42/42_diversidad_agricola_andina.html)
- Rincón, C. y Gutiérrez, A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos 1, 12. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889/38347>

- Ríos, M., Kozoil, M. y Borgtoft, H. (2008). Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas. AbyaYala.
- Roca, W, y Mroginski, L. (1993). Cultivo de Tejidos en la Agricultura-Fundamentos y aplicaciones. Calí, CO. p. 1039
- Rodríguez, L., Curetti, G., Garegnani, G., Grilli, G., Pastorella, F. y Paletto, A. (2016). La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: Un caso de estudio en Los Alpes Italianos. *Bosque (Valdivia)* 37, 41-52.
- Rodríguez, M., Sánchez, L., Gómez, L., Hidalgo, L., González, E. y Gómez. (2005). *Meloidogyne spp.* plagas de las hortalizas. Alternativas para su manejo en sistemas de cultivo protegidos. *Revista Protección Vegetal*, 20 (1) <http://scielo.sld.cu/scieloOrg/php/reference.php?pid=S10107522009000100010&caller=scielo.sld.cu&lang=es>
- Rodríguez, R.; Daquinta, M.; Capote, I.; Pina, D.; Lezcano, Y.; González, J. (2003). Nuevos aportes a la micropropagación de *Swietenia macrophylla* x *Swietenia mahogami* (Caoba híbrida) y *Cedrela odorata* (cedro). *Revista Científica Cultivos Tropicales*. 24(3): 23-27.
- Ruiz, M. (2022). Distribución actual y potencial de la especie *Prunus serotina* en los Andes centrales del Ecuador, bajo escenarios de cambio climático. Riobamba, Ecuador.
- Ruiz, S., Edmundo, A. y Casanova, V. (2018). Características farmacognósticas y cuantificación espectrofotométrica de antocianinas totales del fruto de *Prunus serotina capuli* (Cav.) McVaugh (Rosaceae) “capuli”. *Arnaldoa* 25 (3), 961-980.
- Sabja, A., Ortiz, O., Triviño, C. 2008. Avances de clonación in vitro de árboles adultos de raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl.) Oerst.) para propagación comercial. *Agrociencia* 42(5): 595-603.
- Salgado, H., González, C., Sueiro, J. y De la Puente, S. (2015). *Estimación del valor económico total (VET) de los bienes y servicios ecosistémicos del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH)*.

- Sanaguano Cajas, EM (2024). Diseño de una metodología en propagación in vitro de *Prunus serotina* spp capulí Ehrh, a partir de segmentos nodales de árboles élite para el aprovechamiento sostenible del patrimonio natural en la provincia de Tungurahua.
- Sánchez, D., Mancilla, R., Hernández, G. y Verástegui, F. (2008). Frutales de clima templado. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (CENZONTLE). Hechos en el campo. México.
- Sánchez, G. (2007). Comportamiento de las principales variedades comerciales de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill) al parasitismo de los nematodos “Nudo de la raíz”. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte.
- Sanchún, et al. (2016). Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/2016/manualr_para_pweb.pdf.
- Sanjinés, A., Ollaard, B. y Balslev, H. (2006). Frutos comestibles. Botánica económica de los Andes centrales. Herbario Nacional de Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Departamento de Ciencias Biológicas.
- Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo (SENPLADES). (2015). Plan estratégico. <http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Plan-Estrategico-Senplades-2014-2017.pdf>
- Segura, S., Guzmán, F., López, J., Mathuriau, C. y López, J. (2018). Distribution of *Prunus serotina* Ehrh. in North America and Its Invasion in Europe. Journal of Geoscience and Environment Protection, 6, 111. <https://doi.org/10.4236/gep.2018.69009>
- Sikora, N. y Silva. (2005). Nematode Parasites of Food Legumes. https://www.researchgate.net/publication/285860736_Nematode_parasites_of_food_legumes
- Smethurst, A., Clarke, D. y Powrie, W. (2011). Seasonal Changes in Pore Water Pressure in A Grass-Covered Cut Slope in London Clay. <https://doi.org/10.1680/ssc.41080.0029>
- Smith, A. (1975). Invasión y cesis de plantas leñosas diseminadas por aves en un bosque templado. Ecología, 56 (1), 19-34.

- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001
- Sodhi, N., Ming L., Sekercioglu, C., Webb, E., Prawiradilaga, D., Lohman, D., Pierce, N., Diesmos, A., Rao, M. y Ehrlich, P. (2009). Local People Value Environmental Services Provided by Forested Parks. *Biodivers. Conserv.*, 19, 1175–1188.
- Sophocleous, M., Atkinson, J. K., Smethurst, J. A., Espindola-Garcia, G. y Ingenito, A. (2020). The Use of Novel Thick-Film Sensors in The Estimation of Soil Structural Changes Through the Correlation of Soil Electrical Conductivity and Soil Water Content. *Sensors and Actuators A: Physical*. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.11177>. 148
- Sotelo, M. et al., (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. *Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?*
- Spier, H.P. y Biederbick, C. (1980). Árboles y leñosas para reforestar las tierras altas de la región interandina del Ecuador. Segunda Edición, CAAP, Quito.
- Starfinger, U. (1991). Population Biology of an Invading Tree Species *Prunus serotina*. En Seitz, A. y Loeschke, V. (eds.), *Species Conservation: A Population Biology Approach*, 171-184. A. Birkhäuser Verlag.
- Suárez, H., Mercado, W. y Ramírez, M. (2012). Caracterización morfoagronómica y evaluación del contenido proteínico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes*, 35 (4),
- Tallis, H. y Polasky, S. (2009). Mapeo y valoración de servicios ecosistémicos como enfoque para la conservación y la gestión de recursos naturales. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162(1), 265–283.
- Tallis, H., Mooney, H., Andelman, S., Balvanera, P., Cramer, W., Karp, D. y Walz, A. (2012). A Global System for Monitoring Ecosystem Service Change. *Bioscience*, 62, 977–986.
- Tapia, C. y Morillo, E. (2006). Ecuador Terra Incógnita diversidad agrícola andina. <http://www.terraecuador.net/>

- Taylor A. y Sasser, J. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne). Proyecto Internacional de Meloidogyne. Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos.
- Terán, A. al. (2019). Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar. http://condesan.org/wpcontent/uploads/2020/05/CONDESAN_2019_Monitoreo_TUNGudistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06
- Ulloa, C. y Jorgensen, P. (2016). Rosaceae in Trees and shrubs of the Andes of Ecuador.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2018). Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>
- Urcuango, P. (2014). Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación in vitro de capulí (*Prunus serotina* capuli Cav) a partir de segmentos nodales. Tesis de ingeniería. Universidad Central del Ecuador.
- Usha, R., Hema, S. y Kanchana, D. (2011). Antagonistic Activity of Actinomycetes Isolates Against Human Pathogen. *J Microbiol Biotechnol Res.*, 1, 74–79.
- Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvo-pastoriles. <https://doi.org/10.14483/>
- Vasco, C., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. (2008). Total Phenolic Compounds and Antioxidant Capacities of Major Fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111 (4), 816-823. <https://doi.org/10.1016/foodchem.2008.04.054>
- Vázquez, F., Ibarra, C., Rojas, A., Rojas, J., Yahia, E., Rivera, D. y Zavala, Á. (2013). Nutraceutical Value of Black Cherry *Prunus serotina* Ehrh. Fruits: Antioxidant and Antihypertensive Properties. *Molecules*, 18(12), 14597-14612. <https://doi.org/10.3390/molecules181214597>
- Vázquez, J. (2018). Contribución al conocimiento sobre capulín *Prunus serotina* en San Andrés Jaltenco, Estado de México. <http://efaidnbmnnnibpca-jpcglclefi ndmkaj/http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0709623/0709623.pdf>.

- Villarreyña-Acuña, R. A., Van den Meersche, K., Rapidel, B. y Avelino, J. (2016). *Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos*. CATIE.
- Villavicencio, A. y Vásquez, W. (2008). Guía técnica de cultivos.
- Viteri, M. y Tapia, M. (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p30.pdf>.
- Vivar, H., Barrera, M., Coronel, B. y De los Ríos, I. (2008). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Cuenca (Ecuador). Estación Experimental Chuquipata. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CATALO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001387>
- Wang, Y. y Pijut, P. (2014). Can *Prunus serotina* Be Genetically Engineered for Reproductive Sterility and Insect Pest Resistance. *Sci. Rev.* 2, 75-93.
- Winckell, A. (1997). Los paisajes naturales del Ecuador. Volumen 2. Las regiones y paisajes del Ecuador. IPGH-IGM-ORSTON.
- Zúñiga, F. (2018). Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria*. <http://dx.doi.org/10.31164/reiagro.v1n1.2>

Capulí: la cereza negra de los Andes del Ecuador es una obra que abarca cinco años de investigación sobre la caracterización morfométrica, bromatológicas del fruto, características físico químicas y microbiológicos del suelo, servicios ecosistémicos, método de escarificación y propagación in vitro, ecosistemas donde se desarrolla y estrategias de conservación de la especie *Prunus serotina* subsp *capuli* en los Andes centrales del Ecuador.

Juan Carlos Carrasco Baquero. Docente investigador de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ingeniero en Ecoturismo, máster en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural y doctor PhD en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural por la Universidad de Santiago de Compostela, España, director del proyecto de investigación «Biodiversidad de entomofauna en diferentes localidades naturales y agrícolas del Ecuador» y del proyecto de vinculación «Forestación con la especie frutal nativa capulí (*Prunus serotina* Ehrh. 1784), como estrategia para la conservación de la biodiversidad y desarrollo económico de las zonas rurales del cantón Riobamba y Guano». Autor de 25 publicaciones indexadas de impacto y regionales. Autor de 6 libros en varias temáticas como Flora de Páramo, Macroinvertebrados, Manejo del Recurso Agua, etc.

Verónica Lucía Caballero Serrano. Docente investigadora de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ingeniera en Ecoturismo. máster in Integrated Rural Planning and Environmental Management - Universidad de Lleida. Doctora PhD en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural por la Universidad de Santiago de Compostela, España. Investigadora del Programa Nacional de Forestación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Directora de proyecto de investigación: «Caracterización y diversidad genética de Passifloras, para el fortalecimiento de la producción y comercialización Ecuador». Autora de libros y 10 artículos en revistas científicas, constando varias de ellas con factor de impacto en bases de datos internacionales como Web of Science y Scopus.

Luis Felipe Lema Palaquibay. Técnico de Investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ingeniero en Ecoturismo, máster en Biodiversidad y Cambio Climático (c) por la Universidad de Indoamérica. Técnico de investigación 1 del proyecto «Caracterización y diversidad genética de la granadilla (*Passiflora ligularis*) para el fortalecimiento de la producción y comercialización, en productores campesinos en diversas localidades andinas del Ecuador». Cuenta con 10 publicaciones indexadas de alto impacto y regionales.



ISBN: 978-9942-51-374-8



9 789942 513748