

## BIODIVERSIDAD PRODUCTIVA Y ASOCIADA EN EL VALLE INTERANDINO NORTE DEL ECUADOR

Wilfredo Franco<sup>1</sup>, Marcia Peñafiel<sup>2</sup>, Carlos Cerón<sup>3</sup> y Efraín Freire<sup>4</sup>

### RESUMEN

En el valle interandino norte del Ecuador, la agricultura comercial basada en monocultivos tiende a hacerse insostenible debido a creciente degradación de suelos y aguas, e inestabilidad en los precios del mercado. Ello obliga a diversificar en rubros y sistemas agroproductivos. En este trabajo se muestra la alta diversidad florística cultivada y asociada (silvestre) local. Se identificaron 46 especies vegetales bajo producción comercial y en huertos familiares, así como 41 especies silvestres, en el paisaje intensamente cultivado del valle entre 2700 y 3200 msnm. La actividad agroproductiva comercial, practicada sin considerar limitaciones de relieve y suelos, se fundamenta en la papa, en pocas especies de pastos para ganadería lechera y, en menor proporción, en leguminosas (habas, arvejas y lupino); mientras que la pequeña agricultura familiar, practicada en pequeñas parcelas en los mejores suelos, preserva una gran agrodiversidad (tubérculos, cereales, frutas, aromáticas y terapéuticas, ornamentales y maderables), que se duplica al incluir la flora silvestre usualmente restringida a suelos con fuertes limitaciones (drenaje impedido o avanzada erosión). Se propone expandir el cultivo de las especies nativas e introducidas con potencial de mercado mantenidas en el huerto familiar, y aquellas silvestres útiles en la restauración de suelos, como vía para avanzar desde una agricultura altamente especializada, de alto costo y precaria sostenibilidad, hacia una agricultura multifuncional, diversificada y sostenible.

**Palabras clave adicionales:** Agrodiversidad, Agricultura sostenible, Andes ecuatorianos

### ABSTRACT

#### Productive and associated biodiversity in the Northern Interandean Valley of Ecuador

In the northern Interandean Valley of Ecuador, the agriculture based on monocultures lacks of sustainability due increasing soil and water degradation, and instability in market prices. This situation requires diversifying into crops and agrosystems. The aim of this paper is to attract attention to the high local agrodiversity and the associated wild flora. We have identified 46 cultivated species at commercial and familiar scale, and 41 associated wild species in forest fragments in the intensively cultivated landscape of the valley between 2700 and 3200 m.a.s.l. While commercial agriculture don't pay attention to relief and soil conditions and is concentrated on potato, pastures for milk production, and few leguminous (lima beans, peas and lupine), the familiar garden on small plots and best soils includes a wide array of agrodiversity (tubers, cereals, fruits, aromatics and therapeutics, ornamentals and wood species). The number of species duplicated when associated wild flora species are included. We propose to incorporate native and introduced species from the familiar garden progressively into the commercial agriculture, and to use associated wild species for soil restoration, as way to promote changes from a highly specialized agriculture, based on high technological and agrochemical input but low sustainability, into a multifunctional and diversified agriculture, looking for more sustainability.

**Additional key words:** Agrodiversity, ecuadorian Andes, sustainable agriculture

### INTRODUCCIÓN

El Valle Interandino ecuatoriano en su tramo más septentrional en la provincia del Carchi, entre 2700 y 3200 m de altitud, muestra una alta intensidad de uso agrícola relacionado con su historia de ocupación, la fertilidad de los suelos de origen volcánico y el clima húmedo y frío. La actividad humana ha causado un fuerte impacto sobre la vegetación natural en los Andes

ecuatorianos, especialmente a través de la agricultura y el fuego, estimándose la destrucción de 90-95 % de los bosques norandinos con fines agropecuarios (Ramsay y Oxley, 1996; Luteyn, 1999) y, asimismo, gran parte del páramo (López, 2004). En la zona de estudio, el uso agrícola se ha venido intensificando desde su deforestación a mediados del siglo XX (Hidalgo, 2007), llevando la frontera del bosque húmedo montano alto original sobre los 3200 m de altitud; de hecho, al

Recibido: Noviembre 13, 2015

Aceptado: Junio 13, 2016

<sup>1</sup> Proyecto Prometeo SENESCYT, investigador vinculado a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC)

<sup>2,4</sup> Administrador y Curador del Herbario Nacional de Ecuador (QCNE), Instituto Nacional de Biodiversidad. Quito

<sup>3</sup> Curador del Herbario Alfredo Paredes de la Escuela de Biología Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador

elaborar la línea base de deforestación del Ecuador se encontró que la sub-región interandina muestra el menor valor de remanencia de vegetación natural entre todas las sub-regiones de Ecuador (MAE, 2012).

Es notoria la homogeneidad del paisaje agrícola, dominado casi exclusivamente por pastizales y cultivo de papa, con algunas pequeñas parcelas de leguminosas. Carchi, con una superficie de 174.000 ha, posee aún cerca de 50.000 bajo bosques de altura y 15.000 bajo Páramo, es decir, 65.000 ha (37 %) de superficie captadora de agua que, además, debe ser protegida por su biodiversidad, 31.000 ha bajo uso agrícola, incluyendo zonas semiáridas y áridas, y 40.000 ha bajo uso pecuario en las zonas húmedas (MAGAP, 2012). En Carchi, como en muchas regiones del mundo, la agricultura post-revolución verde ha derivado en la monocultura a costa de la agrodiversidad y la variedad de los sistemas productivos tradicionales.

Altieri (2015) afirma que de las 1500 millones de hectáreas agrícolas del planeta, 90 % están dominadas por la monocultura industrial dependiente de insumos y energía, y que la población depende para su alimentación de solo 12 tipos de granos y 23 especies de plantas. FAO (1997) sostiene que pese a la existencia de 30.000 especies comestibles, de las cuales unas 7000 han sido cultivadas o colectadas para alimento en algún tiempo, tan sólo 30 cultivos proveen el 95 % de calorías o proteínas vegetales que alimentan al mundo, aportando trigo, arroz y maíz más del 50 %; y al sumar sorgo, mijo, papa, camote (batata), soya y caña de azúcar se alcanza el 75 %.

Frente a la problemática planteada, es necesaria la búsqueda de mayor sostenibilidad en los sistemas agroproductivos y las alternativas para ello se encuentran en la agroecología y la diversificación agrícola, basadas en especies locales, mayormente bajo cultivo marginal.

En la zona de estudio pueden diferenciarse dos tipos de biodiversidad: a) la biodiversidad planificada o productiva, y b) la biodiversidad asociada, que incluye todas las especies que están presentes de forma espontánea en los agroecosistemas. Esto ocurre, pese al uso intensivo al que la zona ha estado sometida, ya que según Poggio (2015) existe dificultad de aumentar la productividad agrícola y al mismo tiempo conservar la biodiversidad en los paisajes rurales. En ese contexto, el objetivo de este

estudio fue realizar un reconocimiento de la biodiversidad planificada, incluyendo la agricultura familiar, y de la biodiversidad asociada o silvestre presente en el paisaje agrícola del Valle Interandino, sector norte del Carchi. Esta información puede orientar iniciativas de diversificación agroproductiva, tomando en consideración el nivel de degradación de los suelos, y, adicionalmente, acciones para la preservación de la flora silvestre y fauna asociada, en un área montañosa andina sometida a un extraordinario impacto ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Valle Interandino en Carchi ha estado bajo la influencia de vulcanismo, incluso durante el Holoceno, resultando un relieve fuertemente ondulado que se torna escarpado en las vertientes cordilleranas occidental y oriental. Predominan los suelos Andisoles y Molisoles (IEE, 2011). En general, son suelos muy jóvenes con un alto potencial agrícola (Franco, 2015). El área de estudio corresponde a un bosque siempreverde montano alto, donde las especies más representativas son *Miconia andina*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Solanum quitensis*, *Vallea stipularis*, *Viburnum triphyllum* y *Aristeguietia glutinosa* (Valencia et al., 1999; MAE, 2012).

El estudio se realizó en la Finca Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), localizada al Sur de la población de Huaca (00° 38' N, 77° 43' W), y en 17 fincas ubicadas entre 2700 y 3200 msnm, localizadas en un radio de 60 km en los cantones Huaca y Tulcán. La temperatura media anual de 10-12 °C, con variaciones mensuales de 1 °C y oscilaciones diarias entre 6 y 18 °C. La precipitación media es de 800-1000 mm anuales con una temporada de balance hídrico ligera a moderadamente negativo entre julio y septiembre, con una evapotranspiración anual de 500-600 mm, correspondiente a un clima húmedo de montaña (Comisión Europea, 2013).

Para inventariar las especies cultivadas (biodiversidad planificada) se hicieron recorridos por las fincas atravesando las pendientes, desde la cima o posición más alta en el relieve a la más baja, y se registró información sobre los cultivos existentes, tanto de nivel comercial como en huertos familiares, y se colectaron especímenes para su identificación botánica.

El inventario de la biodiversidad vegetal asociada (flora silvestre) se realizó en la finca experimental de la UPEC (45 ha), con apoyo de un mapa topográfico y de uso de la tierra (Peña, 2012). Cerca del 85 % del área corresponde a pastizales, 8 % a cultivos experimentales y 7 % a vegetación natural (bosque ripario) a ambos márgenes de la quebrada Santo Tomás, que atraviesa la finca de norte a sur (Figura 1). El uso agropecuario intensivo de los suelos volcánicos ha relegado al bosque húmedo montano a las vertientes sobre los 3200 msnm. El inventario botánico se realizó mediante trochas perpendiculares al curso del río, desde el límite bosque-pastizal hasta las márgenes de la quebrada. Se colectaron todos los especímenes fértiles (con flores y/o frutos) encontrados en aproximadamente 250 m a lo largo del río sobre suelos Pseudogley, es decir, suelos muy húmedos pero de capa freática temporal. Adicionalmente, se colectaron especímenes fértiles en cercas vivas y potreros, en cimas y laderas con suelos profundos y bien drenados. Se colectó un mínimo de tres duplicados por cada colección en el caso de arbustos y árboles, y para herbáceas y epifitas se colectaron unicados (toda la planta). Se registró información sobre hábito, fenología, color y forma de flores y frutos, presencia de látex o resina y aromas, entre otras características que se pierden en el proceso de secado. Todas las muestras fueron procesadas e ingresadas al Herbario Nacional de Ecuador (QCNE). La identificación de las especies se realizó por comparación con especímenes del Herbario, además de consultas bibliográficas de Jorgensen y León (1999), Ulloa y Neill (2004), De la Torre et al. (2008), Neill y Ulloa (2011), León et al. (2011) y la página del Jardín Botánico de Missouri.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Uso de la tierra.** El área de estudio está dedicada a rubros agrícolas comerciales papa, habas, arvejas, y lupino o chocho, y a la ganadería de leche (excepto en fincas menores de 2 ha). Por lo general, los suelos cultivados por períodos de 4 años bajo se alternan con 6-7 años de pastizales (fase de recuperación).

El uso agrícola y pecuario ignora tanto las limitaciones por pendiente como la variabilidad en los suelos, especialmente en su profundidad y potencial, lo cual está causando la degradación de

los suelos en pendientes de más de 25 % por el impacto del laboreo mecanizado mediante arado y rastra (Córdova y Valverde, 2002). Sólo los fondos de valle, con suelos mal drenados, y las áreas en cimas y laderas fuertemente erosionados permanecen libres de uso y pueden ser colonizados por la vegetación natural. Los huertos familiares visitados se localizaron mayormente en bases de ladera, con suelos de poca pendiente, profundos, bien drenados y poco o nada afectados por erosión.



**Figura 1.** Paisaje aledaño a la Estación Experimental San Francisco, en cantón Huaca, provincia de Carchi, Ecuador, donde se observa el uso pecuario dominante y el bosque ripario secundario

**Biodiversidad planificada.** Se identificaron 46 especies vegetales cultivadas en las fincas y huertos familiares visitados, las cuales fueron agrupadas según su naturaleza y utilidad (Cuadro 1). Una alta proporción son especies nativas y las introducidas han mostrado buena adaptación al medio alto-andino. Diez de las especies identificadas y registradas (incluyendo nativas e introducidas) han sido industrializadas como bebida aromática, condimento o producto terapéutico, disponiendo de demanda nacional e internacional. De seis frutales, todos adaptados a los rigores de la alta montaña, dos son cultivados a escala comercial, tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y uvilla (*Physalis peruviana*), dos a escala familiar, taxo (*Passiflora mixta*) y reina claudia (*Prunus* sp.) y dos se aprovechan en sus formas silvestres, chilacuán (*Vasconcellea pubescens*) y mortiño (*Vaccinium floribundum*), todos con alto valor potencial para múltiples usos industriales.

**Cuadro 1.** Especies registradas en huertos familiares y pequeñas fincas en el cantón Huaca, Carchi, Ecuador

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Hábito y origen	Observaciones
1	Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> Carriere	Zarcillejo	Arbusto o árbol pequeño de 2,5 m. Crece entre 2000-3000 msnm. Introducida de Bolivia	Inflorescencias colgantes, flores tubulares de cáliz blanco, verde en la base, corola cuatro sépalos rojizos
2	Solanaceae	<i>Brugmansia aurea</i> Lagerh Persoon	Floripondio	Arbusto o árbol pequeño de 2-5 m. 1500-3000 msnm. Endémico	Flores blancas tubulares, pendientes, cáliz pubescente terminado en punta
3	Orquidaceae	Cerca de 600 especies en Carchi(*)	Orquídeas	Epifitas y terrestres	Gran variedad, centenares de híbridos de valor comercial
4	Bromeliaceae	77 especies en en Carchi(*)	Bromelias	Epifitas y terrestres	Gran variedad y valor comercial
5	Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i> L. <i>Mentha suaveolens</i> Ehrh	Menta	Hierba de hasta 30 cm de altura, en huertos caseros, 0-3000 msnm	Infusión aromática, efectos terapéuticos en dolores estomacales y menstruales
6	Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Timo	Hierba de hasta 50 cm de altura, en huertos caseros, 2000-3000 msnm	Infusión aromática, efectos terapéuticos en dolores estomacales y cefaleas.
7	Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> L.	Orégano	Hierba de hasta 1 m de altura, en huertos caseros, 1000-3000 msnm	Condimento y uso terapéutico. Muy aromática
8	Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romero	Hierba de hasta 1m altura, en huertos caseros, 2000-3000 msnm	Condimento y uso terapéutico. Muy aromática
9	Piperaceae	<i>Piper aduncum</i> L.	Matico	Arbusto nativo de hasta 4 m de alto. 2500-3500 msnm	Uso terapéutico
10	Lamiaceae	<i>Lypia citriodora</i>	Yerbabuena	Hierba cultivada de hasta 30 cm de altura. 0-3000 msnm	Infusión aromática. Condimento y uso terapéutico
11	Piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth <i>Peperomia inaequalifolia</i> Ruiz & Pav.	Congona	Arbusto nativo	Uso terapéutico
12	Asteraceae	<i>Calendula officinalis</i> L.	Cedrón	2000-3000 msnm. Introducida	Infusión aromática. Aromática (múltiples usos)
13	Asteraceae	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Ajenjo	Arbusto perenne originario de Europa. Crece hasta 1 m de altura	Uso terapéutico. Purgante para lombrices
14	Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i> L.	Caléndula	2500-3500 msnm. Introducida	Uso terapéutico. Infusión o extracto
15	Solanaceae	<i>Solanum betaceum</i> Cav.	Tomate de árbol	Arbusto de 3-4 m. 800-3000 msnm. Originario de Suramérica	Jugos y salsas, alto consumo en Ecuador. Apropiado para cultivos combinados
16	Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i> L.	Uvilla o chunchuvia	Arbusto cultivo transitorio. 2000-3000 msnm	Valor comercial, apta para cultivos combinados como alfalfa
17	Rosaceae	<i>Prunus</i> sp.	Ciruela, reina claudia	Arbustivo introducido de Eurasia. Aclimatizado a Los Andes hasta 3000 msnm	Apta para cultivos combinados. Rubro industrializado en Europa y Norteamérica como ciruela pasa y mermeladas
18	Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i> L. f. Variedad mixta y v. piloensis Holm-Niels	Taxo, curuba	Trepadora nativa, cultivo permanente entre 1800-3500 msnm	Valor comercial
19	Caricaceae	<i>Vasconcellea pubescens</i> A. DC.	Chilacuán, Papaya de altura	Arbusto nativo de hasta 10 m. 1000-3500 msnm	Valor comercial, jugos y mermeladas. Apto para cultivos combinados
20	Ericaceae	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Mortiño	Arbusto de alta montaña, >3000 msnm, popular en la Sierra de Ecuador	Fruta usada como colorante en alimentos, tiene propiedades terapéuticas
20	Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	Avena	Cultivo introducido	Valor comercial. Alimento para humanos y animales
21	Poaceae	<i>Zea maíz</i> Vell.	Maíz de altura	Hierba nativa. Variedades de altura. Hasta 3500 msnm	Alto consumo en países andinos, apto para combinación con otros rubros
22	Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Cebada	Originario de Oriente medio. 0-3000 msnm	Alta producción en Ecuador, amplio uso industrial. Alimento para humanos, forraje
23	Amaranthaceae	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Quinoa	Nativo, crece en tierras marginales	Alto contenido nutricional. Mercado internacional creciente
24	Amaranthaceae	<i>Amaranthus caudatus</i> L. <i>A. quitensis</i> Kunth <i>A. hybridus</i> L.	Amaranto, Ataco, Sangorache	Nativo, hasta 4000 msnm, desde Colombia hasta norte de Argentina	Fácil cultivo, considerado maleza en otros cultivos. Fuente proteica mayor al trigo y maíz, subutilizada, con gran potencial

...Continuación					
25	Lamiaceae	<i>Salvia hispánica</i> L.	Chia	Alimento de Aztecas y Mayas	Con proteínas, omega 3 y fibras. Alimento energético sin gluten. Mercado creciente
26	Poaceae	<i>Triticum sativum</i> Lam.	Trigo	Originario de Oriente Medio. Base de la civilización occidental	Usado como alimento, con maíz y arroz
27	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i> Lindl.	Lupino o chocho	Popular en Ecuador y Perú (cevichocho)	Grano alimenticio, fácil cultivo, más proteína y grasas que la soya y el frijol. Alto potencial en el mercado mundial
28	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.	Arvejas	Cultivado en los Andes ecuatorianos 2000-3000 msnm	Muy comercial, creciente producción en Ecuador, en grano tierno o en seco
29	Fabaceae	<i>Vicia faba</i> L.	Habas	Origen europeo, 2700-3400 msnm	Alto rendimiento en Los Andes ecuatorianos, cultivado solo o en asociación con maíz, quinoa, papa y otros rubros
30	Oxalidaceae	<i>Oxalis tuberosa</i> Molina	Oca	Hierba de hasta 80 cm. 3000-4000 msnm	Cultivo y consumo similar a la papa, cultivado en combinación con otros rubros
31	Apiaceae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr.	Arracacha, zanahoria blanca, apio	Hierba frondosa aprovechada en su totalidad. 600-3200 msnm	Cultivo similar a la papa, en combinación con otros rubros, en los países andinos
32	Basellaceae	<i>Ullucus tuberosus</i> Caldas	Meloco	Hierba frondosa aprovechada en su totalidad. 2800-4000 msnm	Cultivo similar a la papa, puede cultivarse en combinación con otros rubros
33	Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	Camote o batata	Trepadora perenne, aprovechada en su totalidad. 0-3700 msnm	El tubérculo sudamericano más difundido en el planeta después de la papa
34	Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Acacia negra	Cerca viva, fija N al suelo ( <i>Rhizobium</i> spp.). Recuperación de suelos. Hasta 3200 msnm	Apropiada para plantaciones con fines múltiples, sistemas agroforestales, madera, construcción y combustible
35	Fabaceae	<i>Acacia purpura</i> Bolle	Acacia morada	Cerca viva, fija N al suelo. Hasta 3200 msnm	Ornamental, apropiada para plazas y jardines
36	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Nogal o árbol de nuez	Cerca viva. Nativo de los Andes de Ecuador. 1000-3000 msnm	Madera fina, nuez comestible, buen sabor. Ornamental en parques y jardines, sombra
37	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth (de Sudamérica) <i>Alnus jorullensis</i> Kunth (de Centroamérica)	Aliso	Cerca viva, fija N al suelo ( <i>Actinomicetes</i> ). Recuperación de suelos	Alto potencial económico, subutilizada. Madera para construcciones y combustible. Corteza y hojas con uso terapéutico. Útil en sistemas agroforestales
38	Fabaceae	<i>Genista onspessulana</i> (L.) L.A.S. Johnson	Retamo liso	Arbusto de 2-4 m, flor amarilla vistosa. Fijadora de N. Hasta 3200 msnm. Originaria del SW de Europa e Islas Canarias	Útil para recuperar suelos degradados, en sistemas agroforestales y cercas vivas. Ornamental. Invasora en Australia y Norteamérica
39	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth	Cholán	Nativo de América presente en casi todo el continente. Árbol de 3-7 m, resiste sequía. Hasta 3200 msnm	Ornamental. Especie emblemática de la provincia de Ambato, Ecuador
40	Meliaceae	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz	Cedro	Nativa. Excelente madera. Hasta 3000 msnm	Una de las maderas más finas del mundo
41	Myrtaceae	<i>Eucaliptus globulus</i> Labill. (otras especies)	Eucalipto	Originarias de Australia, introducidas a Ecuador y plantadas en toda la Sierra	Madera de construcción, postes y leña. Alta importancia económica en Ecuador
42	Rosaceae	<i>Polylepys</i> sp. (más de 20 especies en Los Andes)	Árbol de papel, coloradito	Especie arbórea nativa de Los Andes. 2500-4500 msnm	Ornamental en plazas y jardines. Fácil reproducción agámica
43	Cupresaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mil. (y otras especies)	Ciprés	Originaria de la región del Mediterráneo. Frecuente en la Sierra ecuatoriana	Madera muy apreciada para todo uso. Árbol ornamental y para cercas vivas
44	Pinaceae	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl., <i>P. patula</i> Schltdl. & Cham., <i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	Pino	La mayor parte de las especies introducidas al Ecuador provienen de México y Centroamérica	Madera blanda útil en carpintería, construcción y otros usos
45	Agavaceae	<i>Agave americana</i> L.	Agave, penco	Nativas de América, aptas para diversidad de climas y suelos, y para sistemas agroforestales en suelos inclinados y erosionados	Para chaguarmishqui natural o concentrado (miel), fermentado (pulque) y destilado (Miske) en la sierra ecuatoriana. Fibras, bebidas, forrajes, cercas vivas
46	Agavaceae	<i>Fourcraea andina</i>	Cabuya, sisal	Prosperan en climas secos y suelos degradados	Alto potencial como fibras naturales para empaques. Bebidas, forrajes, cercas vivas. Control de la erosión

\* (Jorgensen y León, 1999)

El grupo de cereales está integrado por tres rubros introducidos (avena, cebada y trigo), siendo la cebada uno de los ocho cultivos más importantes en Ecuador, y el maíz blanco de altura, un rubro nativo de consumo masivo en los países andinos; las otras tres especies, quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*) y chia (*Salvia hispánica*) poseen demanda creciente en el mercado nacional e internacional y podrían ser cultivos orgánicos de alto valor; incluso, la quinoa posee características y potencial para convertirse uno de los próximos megalimentos de la humanidad (Bhargava y Srivastava, 2013). Del grupo de leguminosas, existe un potencial por desarrollar el cultivo nativo de lupino o chocho, de amplio consumo en Ecuador, Perú y Bolivia y con potencial nutricional para competir con la soya en mercados más amplios; sin embargo, su cultivo ocupa una fracción muy reducida de los suelos alto-andinos en comparación con la ganadería de leche y la papa (MAGAP, 2012). El grupo de tubérculos incluye la papa, alimento diario en los países andinos, seguido por camote, melloco y oca, comunes en la dieta diaria de la sierra ecuatoriana y con potencialidad aun por desarrollar, especialmente como cultivos orgánicos. Finalmente, destaca el grupo de dos especies arbóreas y una arbustiva, con potencial para la restauración de suelos degradados, incluso por encima de 3000 m de altitud. A estas especies se suma el árbol nativo nogal, de valor económico y frecuente en plazas y jardines, tres especies arbóreas ornamentales y un numeroso grupo de maderables introducidas, principalmente desde Australia y México (eucaliptos, cipreses y pinos).

La máxima agrobiodiversidad se contabilizó en un huerto familiar de sólo 2000 m<sup>2</sup> a 2750 m de altitud, sobre ladera de 10 % de pendiente y horizonte A1 de 180 cm de profundidad, con 62 especies cultivadas, 15 de ellas de uso terapéutico. Las plantas aromáticas y de uso terapéutico son de particular proyección económica en Ecuador. Cerón (2006) reporta 432 especies de uso medicinal, de las cuales 273 se expenden regularmente en puestos de hierberías en los mercados; de la misma lista 255 se colectan de forma silvestre y 92 se comparten entre las de mercado y silvestres. Entre las especies de las hierberías, 178 son nativas, 83 introducidas y 12 endémicas, mientras que de las silvestres 199 son nativas, 43 introducidas y 13 endémicas. Ecuador

exporta plantas aromáticas, por lo que el tejido comercial en torno a las plantas de valor terapéutico y aromático es una alternativa de diversificación en desarrollo. Otra oportunidad de diversificación agrícola la ofrecen los agaves, penco (*Agave americana*) y cabuya (*Fourcraea andina*) abundantes en la sierra ecuatoriana como cercas vivas y por multiplicación natural, especialmente bajo climas secos. La obtención y consumo del shawarmishky (fresco) y el pulque (fermentado) de plantas maduras de penco y su destilación (mishke) es una práctica ancestral frecuente en los valles secos de la sierra ecuatoriana (Ayora y Quito, 2013). Estas plantas ofrecen múltiples beneficios en lo ecológico (restauración de suelos) y en lo económico (bebidas, miel, fibras).

En cuanto a la producción de fibras vegetales, Colombia destaca como uno de los principales productores mundiales (Castellanos et al., 2008) y su cercanía a Ecuador abre la oportunidad al intercambio de experiencias y esfuerzos.

Los resultados anteriores muestran la disponibilidad de la base genética y los conocimientos ancestrales como para avanzar hacia una diversificación productiva de mayor sostenibilidad en la agricultura andina.

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009), cuyo fin principal es contribuir a detener la erosión de los recursos fitogenéticos, contempla mecanismos de apoyo a proyectos y acciones de conservación y fomento del germoplasma. Altieri (1987) destaca la enorme capacidad de pequeños agricultores en Latinoamérica, que al ser depositarios de conocimientos ancestrales, son capaces de reconocer y trabajar con centenares de especies y variedades de plantas útiles en sus huertos y en el bosque local, lo que le confiere a sus agroecosistemas una alta resiliencia contra plagas y enfermedades. Stahdel (2014) afirma que la sostenibilidad de la pequeña agricultura frente a los riesgos ambientales y económicos se fundamenta en la diversificación y la autosuficiencia, constituyendo “islas de sostenibilidad” en medio de la moderna agricultura de alta tecnología.

Al respecto, Franco (2015) propuso combinaciones agroforestales en diferentes condiciones edafoclimáticas del Valle Interandino ecuatoriano, utilizando la agrobiodiversidad local. Prescott y Prescott (1990) señalaron que la

diversidad en plantas cultivadas es un factor de alta significancia para proveer de alimento al mundo, y que debe considerarse una prioridad la conservación tanto de la diversidad de especies como la variabilidad genética comprendida en cada especie. Por su parte, Poggio (2015) sugiere implementar fincas modelo para impulsar el concepto de la agricultura multifuncional, que incluye, en un sentido amplio, extender la definición de la agricultura más allá de su papel en la producción de alimentos, fibras y biocombustibles; asimismo, concluye, señalando que el gran reto de los agricultores será convertirse en custodios de los servicios que la biodiversidad de los agroecosistemas le provee a la sociedad.

**Biodiversidad asociada.** El inventario de la biodiversidad asociada realizado en el bosque ripario de la quebrada Santo Tomás, en cercas vivas y en áreas bajo uso agropecuario permitió registrar 41 especies, 40 géneros y 25 familias, ordenadas por pteridofitas, monocotiledóneas y dicotiledóneas (Cuadro 2). Cada familia se lista en orden alfabético, y se incluyen las diferentes especies, sus principales características y el carácter endémico según el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (León et al., 2011).

Entre las especies registradas para la Estación San Francisco se destaca *Gynoxys halli*, endémica en categoría de “preocupación menor” (León et al., 2011). Además se encuentran *Oreopanax ecuadorensis* “pumamaki”, *Baccharis latifolia* “chilca negra”, “chilca blanca”, *Coriaria ruscifolia* subsp. *microphylla* “shanshi”, *Vallea stipularis* “peralillo”, *Miconia crocea* “colca” y *Monnina phillyreoides* “higuilán”, las cuales constituyen un pequeño grupo de especies del ecosistema bosque húmedo montano alto original, según lo reportado por Valencia et al. (1999). Lo reducido de la semejanza florística es explicable dada la distancia de unos 20 km desde la Estación San Francisco hasta el bosque primario remanente entre los 3200 y los 3500 m de altitud en la cordillera oriental. Por otra parte, aunque han transcurrido aproximadamente 60 años desde la eliminación del bosque original (Hidalgo, 2007), posiblemente este bosque secundario es de origen más reciente.

Middendorp et al. (2016), utilizando el modelo de simulación de la dinámica del bosque Landis-II encontró que tras el restablecimiento de vegetación leñosa en una cuenca de los Andes Ecuatorianos la riqueza de especies en áreas

agrícolas abandonadas resultó más alta en la cercanía de bosques remanentes, en áreas rodeadas de alto porcentaje de cobertura boscosa, y en paisajes de composición heterogénea, lo que evidencia la importancia de la cercanía de las fuentes de semillas. Ramos y Plonczak (2007) estudiaron el bosque secundario regenerado, luego de transcurridos 28 años desde la tala de una parcela en el bosque húmedo montano alto (2.340 msnm) en los Andes de Mérida, Venezuela, y encontraron una semejanza del 62,5 % entre la composición florística del bosque secundario y el primario, ambos dominados por especies de las familias Lauraceae, Myrtaceae, Melastomataceae y Myrsinaceae. La alta semejanza fue atribuida a la vecindad entre ambos bosques y a no haberse implementado uso agropecuario luego de la tala del bosque original. En cuanto a su utilidad, de las 41 especies encontradas en el bosque ripario, el 49 % (20 especies) registran algún tipo de uso, principalmente como combustible, medicina, alimento para animales y cercas vivas, por lo que potencialmente pudieran cultivarse a mayor escala. Es necesario; sin embargo, abordar una fase experimental que permita mejorar o facilitar los métodos para su reproducción y su plantación y manejo.

Se ha avanzado en la domesticación de especies nativas de la biodiversidad asociada; por ejemplo, el aliso (*Alnus acuminata*) se reproduce por semillas mientras que el lechero (*Euphorbia laurifolia*) lo hace por estacas, siendo muy comunes en cercas vivas. Asimismo, existen pequeñas plantaciones del árbol de papel (*Polylepys* sp.) y del arbusto *Genista monspessulana*, leguminosa introducida de Europa y usada entre 2700 y 3200 m de altitud en Carchi y en Nariño (Colombia), como cerca viva por su carácter ornamental. La reproducción practicada en *Polylepys* es agámica mientras que en *Genista* es por semillas. Bussmann (2006) acota que al ser los bosques montanos de los Andes Ecuatorianos uno de los ecosistemas más diversos del mundo, y siendo altamente frágiles por razones de relieve y presión social, una forma de promover su conservación sería valorar los beneficios económicos derivados de la diversidad biológica y cultural, especialmente del uso de plantas con fines terapéuticos. A ello habría que añadir el potencial de sus especies para restaurar las áreas degradadas.

**Cuadro 2.** Especies de la flora asociada (silvestre) colectada en el bosque ripario, cercas vivas y potreros en la Finca Experimental San Francisco (UPEC)

Nº	Familia	Nombre científico	Origen y hábito	Observaciones
<b>Pteridofitas</b>				
1	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum</i> C. Presl.	Nativa, terrestre	Soros amarillos
2	Polypodiaceae	<i>Grammitis</i> sp.	Terrestre	Soros pardo oscuro
<b>Monocotiledóneas</b>				
3	Juncaceae	<i>Juncus tenuis</i> Willd.	Hierba terrestre	Espigas pardo oscuro
<b>Dicotiledóneas</b>				
4	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea caldasiana</i> Herb.	Trepadora	Flores y frutos anaranjados
5	Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem. Puma maki (kichwa)*	Árbol nativo, endémico**	Frutos verdes. Maderable (combustible, construcción), uso medicinal, restauración ambiental y cercas vivas
6	Asteraceae	<i>Gynoxys hallii</i> Hieron. Puma maki, kichwa, piquil*	Árbol nativo, endémico**	Flores amarillas. Maderable (combustible, construcción), infusión terapéutica (reumatismo), uso en restauración ambiental, postes y cercas vivas
7	Asteraceae	<i>Ageratina tinifolia</i> Kunth R.M. King & H. Rob. <i>Conyza sumatrensis</i> var.	Arbusto	Inflorescencias secas
8	Asteraceae	<i>Leiotheca</i> (S.F. Blake) Pruski & G. Sancho <i>Hypochoeris radicata</i> L.	Arbusto	Flores blancas
9	Asteraceae	Kari chicoria, kichwa, chicoria*	Introducida, hierba terrestre	Flores amarillas. infusión terapéutica (dolor de estómago e hígado)
10	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	Hierba	Flores blancas
11	Asteraceae	<i>Mutisia grandiflora</i> Bonpl. <i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Trepadora	Flores rojas, frutos verdes
12	Asteraceae	Chilca negra, chilca blanca*	Arbusto nativo	Flores blancas. Forraje, maderable (combustible, construcción), uso medicinal
13	Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	Árbol nativo	Flores blancas, frutos redondos blancos. Alimento para aves. Maderable (combustible, construcción), uso medicinal
14	Caprifoliaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth. <i>Coriaria ruscifolia</i> subsp. <i>microphylla</i> (Poir.) L.E. Skog Shanshi*	Árbol	Flores blancas y frutos negros
15	Coriariaceae		Arbusto nativo	Frutos redondos negros, comestible, colorante. Forraje, uso terapéutico (sarna)
16	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i> L. f. Peralillo*	Árbol nativo	Frutos verdes. Hojas y flor aromáticas y terapéuticas (tranquilizante). Maderable (artesanías). Restauración de áreas quemadas
17	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. Ex Lam. Lechero, pinlluk, kichwa*	Arbusto nativo	Frutos verdes. Forraje, látex (pegamento). Maderable (construcción). Látex de uso terapéutico (verrugas, parásitos). Cercas vivas
18	Fabaceae	<i>Otholobium munyense</i> (J.F. Macbr.) J.W. Grimes	Arbusto	Flores moradas
19	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto	Flores amarillas. Frutos legumbres verdes
20	Fabaceae	<i>Lens esculenta</i> Moench	Enredadera	Flores moradas
21	Gentianaceae	<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	Hierba terrestre	Flores verde-amarillentas
22	Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.	Hierba terrestre	Flores moradas
23	Iridaceae	<i>Sisyrinchium micranthemum</i> Pers.	Hierba terrestre	Inflorescencia amarilla
24	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb.	Liana nativa	Flores blancas, aromáticas, condimento. Esencias de uso terapéutico (pomadas, congestión nasal)
25	Melastomataceae	<i>Miconia crocea</i> (Desr.) Naudin Colca*	Arbusto nativo	Flores blancas y frutos morado comestibles. Uso terapéutico del fruto (pterigios en ojos) y flores y hojas (afecciones del hígado). Combustible, tallo maderable
26	Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana Aretes del inca*	Arbusto nativo	Flores amarillas. Frutos legumbres verdes, comestibles, tallo maderable. Uso como cerca viva y esencias para tintes indelebles
27	Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp.	Hierba terrestre	Flores blancas
28	Piperaceae	<i>Peperomia fruticetorum</i> C. DC.	Hierba terrestre	Inflorescencia amarilla
29	Piperaceae	<i>Piper barbatum</i> Kunth Cordoncillo, muko, kichwa*	Arbusto nativo	Infértil. Semillas comestibles para aves. Maderable (combustible y artesanía). Uso terapéutico de tallos y hojas (afecciones del riñón, lesiones)
30	Polygalaceae	<i>Monnina phillyreoides</i> (Bonpl.) B. Eriksen Higuilán*	Arbusto nativo	Frutos verdes. Uso terapéutico del fruto (pterigios en ojos, virosis)



...Continuación

31	Ranunculaceae	<i>Ranunculus praemorsus</i> Humb., Bonpl. & Kunth ex DC. Urpi papa, achicoria de venado*	Hierba terrestre nativa	Flores amarillas. Frutos legumbres verdes. Propiedades cáusticas. Uso terapéutico (afecciones del hígado)
32	Ranunculaceae	<i>Clematis haenkeana</i> C. Presl Barbas de viejo*	Liana nativa	Flores amarillas
33	Rosaceae	<i>Lachemilla</i> sp.	Hierba	Flores verdes
34	Rosaceae	<i>Rubus adenotrichopodus</i> Hayata Mora silvestre, mora, mora negra*	Subarbusto o liana nativa	Fruto comestible para aves. Uso en jugos y mermeladas. Infusión de uso terapéutico (fiebre, dolor de cabeza). Cercas vivas
35	Saxifragaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. F.	Árbol	Frutos secos
36	Scrophulariaceae	<i>Calceolaria</i> sp.	Hierba terrestre	Flores amarillas
37	Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	Arbusto	Flores blancas, frutos verdes
38	Solanaceae	<i>Cestrum peruvianum</i> Willd. ex Roem. & Schult. Sauce, saúco blanco, saúco negro*	Arbusto nativo	Flores y frutos verdes. Uso terapéutico (fruto laxante, infusión de la raíz para resfriados)
39	Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	Arbusto	Flores blancas, frutos verdes
40	Solanaceae	<i>Solanum brevifolium</i> Dunal Alku mikuna, tomatillo de monte*	Liana nativa	Flores blancas y frutos rojos. Uso terapéutico (caspa). Tóxico para vertebrados
41	Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> Kunth Verbena azul, hierba mora*	Hierba terrestre nativa	Flores moradas. Forraje. Uso terapéutico (crecimiento capilar, caspa, desparasitante)

\* Nombre común. \*\* León (eds.), 2011

Thrupp (2000) subraya la crítica importancia de la biodiversidad agrícola para la seguridad alimentaria en el mundo y los invaluable servicios ecosistemáticos y funciones que cumple. Su trabajo propone valorar las experiencias locales y los conocimientos agrícolas tradicionales y sumarles las ventajas de los avances científicos en agroecología y salud de ecosistemas; del mismo modo, sugiere un enfoque agroecosistemático más allá de la conservación de los recursos genéticos, e integrar prácticas como el manejo ecológico integrado de plagas y suelos, y, finalmente, propone suprimir las políticas que promueven el monocultivo industrial y los paquetes tecnológicos uniformes, y la efectiva protección de la propiedad intelectual sobre la biodiversidad y sus aplicaciones, especialmente a indígenas y pequeños agricultores.

Altieri y Nicholls (2000) plantean la necesidad de hacer una profunda reflexión sobre el papel de la agricultura en el desarrollo económico y en la conservación de los recursos naturales, lo cual adquiere mayor relevancia en el medio altoandino, de valor estratégico por sus recursos de biodiversidad, suelo y agua, y la vulnerabilidad económica de la población. En estos conceptos puede estar la clave para romper el ciclo de la pobreza y avanzar a una mejor calidad de vida en el medio alto-andino, pues ello depende en mucho de una mayor resiliencia de los sistemas agroproductivos; es decir, de mayor capacidad de adaptación para enfrentar los retos ambientales y las crisis de la economía. Stahdel (2014) puntualiza

que el concepto de resiliencia se focaliza en la resistividad de los sistemas sociedad-ambiente para enfrentar y manejar las vulnerabilidades, los riesgos y las crisis. Para ello, es necesario valorar el papel multifuncional de la agricultura como generadora de bienes económicos y servicios ecológicos, lo cual es responsabilidad compartida de las instituciones del Estado, del sector agroproductivo y de las instituciones de investigación y enseñanza. En otro contexto muy relacionado, es necesario y conveniente abordar la relación existente entre la producción agrícola, la alimentación y la salud humanas, contrastando el impacto de la agricultura industrial versus los beneficios de la agricultura tradicional. Frison et al. (2006) sugieren un enfoque holístico que combina la investigación para documentar la positiva influencia de los alimentos tradicionales en la nutrición y la salud, y atraer el interés público por los componentes saludables de las dietas tradicionales, a los fines de conquistar mercados y satisfacer las necesidades de la población urbana. Los autores concluyen en la urgente necesidad de que centros de investigación agrícola, universidades y organizaciones comunitarias unan sus esfuerzos, con el fin de acopiar evidencias convincentes que relacionen la agrodiversidad, la nutrición y la salud humana.

## CONCLUSIONES

Al considerar el contexto general de la zona de estudio, resulta de máxima prioridad dar a conocer la vulnerabilidad del desarrollo agrícola alcanzado

y, asimismo, las posibilidades de transformación hacia agroecosistemas de mayor sostenibilidad.

La mejor estrategia para la conservación de la agrobiodiversidad alto-andina es expandir su cultivo, fomentando la diversificación productiva mediante sistemas agroecológicos.

Es necesario salvaguardar el germoplasma existente en huertos familiares y pequeñas fincas, mediante políticas de estímulo a la pequeña agricultura y a través de jardines botánicos en centros de investigación agrícola y universidades regionales. Del mismo modo, a través de planes de aprovechamiento sostenible de especies de alto potencial económico, como el pencho y la cabuya.

Existe potencial para igualar en importancia alimentaria global al arroz, trigo, papa o maíz, que poseen cultivos como la quinua y el lupino, si se procede con políticas acertadas de estímulo a la producción y comercialización.

La sustitución del bosque siempreverde montano original, el ecosistema forestal más biodiverso, por el sobreuso agropecuario del suelo ha generado el grave deterioro de una proporción aún no determinada de la superficie edáfica y de los recursos hídricos, así como la regeneración de un bosque secundario en áreas sin uso agropecuario, con una composición florística muy reducida en relación al bosque original.

La quebrada Santo Tomás y el bosque ripario a sus márgenes constituyen un corredor biológico contentivo de especies vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas de valor ecológico y estratégico, al considerar la extensiva eliminación de la vegetación natural y el intenso uso agropecuario de la zona que atraviesa. En función de ello, debe asegurarse su preservación en planes de ordenación local.

### AGRADECIMIENTO

Este estudio se realizó en el marco del proyecto Estudio de la Potencialidad de los Sistemas Agroforestales para la Diversificación de la Producción Agropecuaria y el Control de la Erosión en la Región del Carchi, del Proyecto Prometeo de la SENESCYT (investigador Wilfredo Franco vinculado a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi-UPEC), con la cooperación del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) y el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (INB).

### LITERATURA CITADA

1. Altieri, M. 2015. Agroecology, Key Concepts, Principles and Practices. Third World Network (TWN)-SOCLA. Jutaprint. Penang. Malaysia. 350 p.
2. Altieri, M. 1987. The significance of diversity in the maintenance of the sustainability of traditional agroecosystems. *ILEIA* 1(2): 3-7.
3. Altieri, M. y C. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y Práctica para una Agricultura Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). México DF. 238 p.
4. Ayora, D.G. y K.J. Quito. 2013. Procesos de extracción del mishqui y extracción del shaguarmishqui en Ñamarin, provincia del Azuay, y propuesta de nuevos usos gastronómicos y bebidas. Tesis. Universidad de Cuenca, Ecuador. 173 p.
5. Bhargava, A. y S. Srivastava. 2013. Quinoa: Botany, Production and Uses. CPI Group. Croydon. UK. 264 p.
6. Bussmann, R. 2006. Andean floristic diversity and its importance for cultural diversity-examples from Northern Peru and Southern Ecuador. *Iyonia* 10(2): 19-36.
7. Castellanos O.F., L.M. Torres y J.C. Rojas. 2008. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de fique en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 222 p.
8. Cerón, C. 2006. Plantas medicinales de los Andes ecuatorianos. In: M. Moraes, B. Olgaard, L. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. pp. 285-293.
9. Comisión Europea-Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos-PNUD-Universidad Técnica del Norte (UTN). 2013. Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal, Perfil Territorial Cantón San Pedro Huaca. 108 p. <http://www.sngr.gob.ec> (consulta del 01/11/2015).
10. Córdova, J. y F. Valverde. 2002. Evaluación de la erosión causada por labranza con arado y rastra en la provincia del Carchi, Ecuador. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

- Manabí. pp. 1-9.
11. De la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel, M. Macía y H. Balslev. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU de la Universidad de Aarhus-Dinamarca. Quito y Aarhus. 949 p.
  12. FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture United Nations Organization. Roma. 540 p.
  13. FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma. 56 p.
  14. Franco, W. 2015. Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del Valle Interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* 5: 65-93.
  15. Frison E.A., I.F. Smith, T. Johns, J. Cherfas y P.B. Eyzaguirre. 2006. Agricultural biodiversity, nutrition, and health: making a difference to hunger and nutrition in the developing world. *Food Nutrition Bulletin* 27(2): 167-179.
  16. Hidalgo, F. 2007. Descripción y fuentes históricas de los antiguos bosques del Ecuador. Banco Central del Ecuador. Quito. 398 p.
  17. IEE. 2011. Mapa de Suelos del cantón Huaca, provincia de Carchi. [www.institutoespacial.gob.ec](http://www.institutoespacial.gob.ec) (consulta del 05/09/2015).
  18. Jorgensen, P. y S. León-Yáñez (eds.). 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, MO. 1181 p.
  19. León-Yáñez, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa y H. Navarrete. 2011. Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. Herbario OCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. 957 p.
  20. López, M. 2004. Agricultural and Settlement Frontiers in the Tropical Andes: The Paramo Belt of Northern Ecuador, 1960-1990. *Regensburger Geographische Schriften Heft Universität Regensburg, Germany*. 180 p.
  21. Luteyn, J. 1999. Introduction to the Paramo Ecosystem. In: J. Luteyn (ed.). *Paramos: A Checklist of Plant Diversity, Geographical Distribution, and Botanical Literature*. The New York Botanical Garden Press. NY. pp. 1-39.
  22. MAE (Ministerio del Ambiente). 2012. Línea base de deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/> (consulta del 30/09/2015).
  23. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. Sistema de Información Nacional. III Censo Agropecuario Nacional. [www.sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-provinciales](http://www.sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-provinciales) (consulta del 30/10/2015).
  24. Middendorp R., A. Pérez, A. Molina y E. Lambin. 2016. The potential to restore native woody plant richness and composition in a reforesting landscape: a modeling approach in the Ecuadorian Andes. *Landscape Ecology* 31: 1-19.
  25. Neill, D. y C. Ulloa. 2011. Adiciones a la flora del Ecuador. Fundación Jatun Sacha, Ecuador, Ministerio del Ambiente y Missouri Botanical Garden. RG Grafistas. Quito. 202 p.
  26. Peña, J. 2012. Zonificación de la hacienda San Francisco y el aprendizaje de los estudiantes de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. Tesis. Centro de Posgrados. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 165 p.
  27. Poggio, S. 2015. Los desafíos de aumentar la productividad agrícola y también conservar la biodiversidad en los paisajes rurales. *Horizonte A+Campo* (s/p). <http://horizonteadigital.com/>. (consulta del 7/11/2015).
  28. Prescott-Allen, R. y C. Prescott-Allen. 1990. How many plants feed the world? *Conservation Biology* 4(4): 365-374.
  29. Ramos, C. y M. Plonczak. 2007. Dinámica sucesional del componente arbóreo luego de un estudio destructivo de biomasa en el bosque universitario San Eusebio, Mérida-Venezuela. *Rev. For. Ven.* 51(1): 35-46.
  30. Ramsay, P.M. y E. Oxley. 1996. Fire temperatures and postfire plant community

- dynamics in Ecuadorian grass Paramo. *Vegetation* 124: 129-144.
31. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008. *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Medio Ambiente (PNUMA). Montreal. 56 p.
32. Stahdel, C. 2014. Resilience and adaptation in a changing rural Andean realm. *In*: Grover, B., A. Borsdorf, J. Breuste, P.C. Tiwari y F.W. Frangetto (eds.). *Impacts of Global Changes on Mountain: Responses and Adaptation*. CRC Press. pp. 419-431.
33. Thrupp, L.A. 2000. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 76: 283-297.
34. Ulloa, C. y D. Neill. 2004. Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador 1999-2004. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador, Missouri Botanical Garden y Fun-botánica. Editorial UPTL. Loja, Ecuador. 75 p.
35. Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios y R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la sierra del Ecuador. *In*: R. Sierra (ed.). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito. pp. 79-108.