

**PROPUESTAS PARA LA INNOVACIÓN EN LOS
SISTEMAS AGROPRODUCTIVOS Y EL
DESARROLLO SOSTENIBLE DEL VALLE
INTERANDINO EN CARCHI, ECUADOR**

**PROPOSALS FOR INNOVATION IN AGROPRODUCTIVE SYSTEMS AND
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE INTERANDEAN VALLEY IN
CARCHI, ECUADOR**

Recibido: 01/092016 – Aceptado: 26/10/2016

Wilfredo Franco Ramiro

Docente – Universidad de los Andes
Mérida – Venezuela

Doctor en Ciencias Forestales
wfranco01@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5447-4234>

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Resumen

Carchi, provincia andina al Norte del Ecuador, posicionada en el Valle Interandino entre la doble cordillera de Los Andes ecuatorianos, ha fundamentado su desarrollo social y económico en la explotación, prácticamente sin medida, del recurso Suelo, originalmente de extraordinaria productividad por su origen volcánico. El sector agropecuario ha sufrido transformaciones significativas desde la primera mitad del siglo XX en función de impulsos sociales (crecimiento demográfico), políticos (reformas agrarias de 1965 y 1973 y leyes agrícolas) y económicos (infraestructura, créditos, paquetes tecnológicos, nuevas industrias y mercados); cambiando sus patrones de producción cada tres o cuatro décadas mientras se expandía la superficie agropecuaria. Desde reciente data, en Carchi se ha impulsado la agroindustrialización, pero la provincia debe enfrentar ahora el dilema de la sostenibilidad de su desarrollo agropecuario, en riesgo por procesos de degradación de sus suelos y recursos hídricos. Urge emprender la vía de la innovación en los sistemas agroproductivos para detener la degradación ambiental y mantener la senda del crecimiento económico y bienestar social. La UPEC, la recientemente creada primera institución universitaria de Carchi, hace esfuerzos por contribuir con RRHH y tecnologías para impulsar la base de sostenibilidad del desarrollo social y económico. El autor analiza la situación del sector agrícola desde sus orígenes y causas, y propone estrategias y acciones para orientar la inversión en innovación de los sistemas agroproductivos para una agricultura menos dependiente de agroquímicos y menos degradante de los suelos, y, por ende, de mayor sostenibilidad. Plantea la Agroforestería, la Biotecnología y la Microbiología como herramientas clave en la investigación y desarrollo; y la fusión de disciplinas de las ciencias sociales y las ciencias naturales para la formación de RRHH especializados para el desarrollo en Los Andes. Adicionalmente, propone la creación de una red de pequeños reservorios de agua por encima de la cota de contaminación regional de las aguas (entre 2.800 y 3.200 m de altitud), complementada con sistemas de riego ahorradores de agua y una eficiente infraestructura de tratamiento de aguas servidas. Considera que estas medidas podrían ser factor clave para enfrentar los retos del desarrollo humano y del calentamiento global en la región alto-andina del Carchi, en las próximas décadas.

Palabras Clave: *Desarrollo sostenible, Innovación agrícola, Suelos volcánicos, Andes ecuatorianos.*

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Abstract

Carchi, a state located at the North of Ecuador in the Interandean Valley between the double Ecuadorian Andean cordilleras, has based its socioeconomic development on unsustainable exploitation of its originally very fertile volcanic soils. The agrarian sector has suffered transformations since the first half of the XX century, following social (population growth), political (1965 and 1973 agrarian reforms and other agrarian laws), and economic impulses (infrastructure, credits, technological package, new industries and markets). During this agrarian expansion period, the sector has been changing its production patterns each three or four decades. Since few years, Carchi's agroindustry has started strengthening its development, but the province has to face the sustainability dilemma of the current agriculture. There is an urgent need for innovation in agriculture practices in order to stop environmental degradation, and to maintain the way to economic growth and social wellbeing. UPEC, the recent created first state university, is contributing with human resources and technology to improve the sustainability of agriculture production. The author discusses the origin and causes of the agrarian sector situation, and proposes strategies and actions to orient investment on innovation for agriculture less dependent from agrochemicals and less soil degrading; which means more sustainable. Agroforestry systems, biotechnology and microbiology are appropriate tools for R&D; and the fusion of social and natural science disciplines should be the strategy for building Andean specialized human resources for development. Furthermore, the author proposes a network of small water reservoirs over the water pollution level (between 2,600 and 3,000 m.o.s.l.) complemented by efficient irrigation systems; and additionally, adequate sewage cleaning infrastructure. All these measurements can be a key factor to reach human development goals and to face climate change in the next decades in the Carchi's highlands.

Keywords: Sustainable development, Agriculture Innovation, Volcanic soils, Ecuadorian Andes

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Introducción

1.1. Importancia y Antecedentes del Desarrollo Agropecuario en Carchi

La importancia del Sector Agropecuario en el Ecuador se evidencia principalmente por: a) Representa el 10% del PIB, siendo el sector que más aporta después del Comercio, Industria manufacturera y Explotación de minas y canteras; b) Constituye una fuente de divisas a través de la exportación de productos tradicionales como banano, café y cacao, y nuevos rubros como la quinua, aguacate, mango, espárragos, naranjilla y flores, c) Emplea en las zonas rurales hasta el 60% de la población económicamente activa, y d) Constituye la base del proceso de transformación económica productiva a través de la agro industrialización, meta del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial impulsado por el Estado en Carchi. (MINPRO 2012, Unión Europea et al 2012).

La provincia de Carchi está ubicada en el norte del Valle Interandino (VI), en la Zona de Planificación 1 del Ecuador (Carchi, Esmeraldas, Imbabura y Sucumbíos), territorio fronterizo con Colombia. Según el último Censo de Población 2010, Carchi tiene aproximadamente 165 mil habitantes, un 5.69% más que en el 2001. Representa el 13% de la población de la Zona 1 y el 1% de la población nacional. La mayoría de sus habitantes están concentrados en la zona rural. Su extensión es de 3.700 Km², aproximadamente, resultando una densidad de población media de 45 habitantes por km². Según la división política actual, la provincia tiene 6 cantones y 32 parroquias: Tulcán (10 parroquias), Bolívar (6 parroquias), Espejo (4 parroquias), Mira (4 parroquias), Montúfar (6 parroquias) y San Pedro de Huaca (2 parroquias) (AME, 2015).

Carchi tiene en el sector agrícola el pilar fundamental para su desarrollo social y económico, en la actualidad principalmente a través de la producción de leche, papa y leguminosas en las zonas altas y húmedas del VI, y vertientes de las cordilleras Occidental y Oriental de Los Andes (Figura 1), y además de caña de azúcar, maíz, frutales y otros rubros en las zonas de menor altura y climas más cálidos y secos.

Los productivos suelos del Carchi se han derivado predominantemente de tefras, debido a su ubicación en el corredor de volcanes que atraviesa el Ecuador y se adentra en el Sur de Colombia. Al menos 15 volcanes, solo en Ecuador, han tenido erupciones importantes durante los últimos 5.000 años, dándole la conformación definitiva a los paisajes del VI y depositando los materiales originarios para la evolución de los suelos actuales; ello ha sido determinante para el desarrollo de la sociedad humana en el VI desde los primeros ocupantes hace varios miles de años (Hall & Mothes 1998; Isaacson & Zeidler 1998; Vallejo, 2011). En el siglo XXI, la sociedad carchense continuará dependiendo fundamentalmente de sus recursos edáficos.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>



Figura 1: relieve ondulado en el valle Interandino a 2.800 m de altitud (Huaca). Al fondo las estribaciones de la Cordillera Oriental. Al frente paisaje agrícola sobre suelos Melanudands profundos (A1: 65 cm) en media ladera de 15% de pendiente.

El clima húmedo y frío permitió el desarrollo de bosques nublados (bosque húmedo y muy húmedo montano bajo y montano alto) sobre la capa de cenizas más superficial por encima de los 2.000 m de altitud, generando suelos jóvenes (menos de 10.000 años de edad, algunos menos de 2.500) ricos en materia orgánica, ligeramente ácidos y de alto potencial productivo. El mapa geopedológico del cantón Huaca (1:25.000, IEE 2013) incluye Melanudands, Hapludands y Haplustolls en las áreas bajo uso agrícola intensivo, de relieve ondulado y altitud por debajo de 3.000 m y Udivitrands en los valles y vertientes más altos de relieve más abrupto. Aun estos últimos también han sido incorporados al uso agropecuario en alta proporción, sustituyendo el bosque nublado andino (Bosque húmedo montano bajo y Bosque muy húmedo montano); en áreas bajo alta presión demográfica sectores del páramo están bajo cultivos, pese a las restricciones del clima y el relieve.

Hacia el Sur, en los valles secos las cenizas volcánicas derivaron en *cangahua*, término quechua que significa “tierra dura y estéril” (Custode et al 1992), posiblemente al coincidir erupciones de cenizas volcánicas con los periodos más fríos, y por ende más secos, de las glaciaciones pleistocenas. Quantín (1996) describe en detalle los suelos con *cangahua* en una secuencia topo-climática cercana a Bolívar (Carchi, Ecuador), así como diferentes muestras de la *cangahua* superior de otras regiones, analizando únicamente las formaciones más recientes correspondientes al grupo K de Hall y Mothes (1996), y distinguiendo dos capas: La superior, con

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

un encostramiento calcáreo datado de 14.000 AP, se habría formado entre 15 y 20.000 AP. Franco y Peñafiel (2015), reportan hasta tres capas diferentes de sedimentos endurecidos en poco más de un metro de profundidad en un perfil de geosinclinal entre colinas bajas en La Concepción-Mira. La cangahua es un material endurecido por precipitación de óxidos de Silicio u óxidos de Fe, y comúnmente rico en carbonatos y bases (pH alcalino) y de bajo contenido en materia orgánica. Los perfiles de suelo con cangahua, poco o no erosionados, presentan una capa de material sobreyacente, de edad más reciente (posiblemente Holoceno superior) de textura variable desde arenoso medio y grueso hasta franco limoso y franco arcillo limoso, de espesor variable desde pocos decímetros hasta más de un metro. La factibilidad de uso productivo de estos suelos depende de la textura, endurecimiento y grosor de esta capa superior. En el caso de texturas medias a finas (FL y FAL) aunque no se alcanzan los niveles de dureza de la cangahua propiamente dicha (duripan) son bastante duros y compactos y requieren un manejo adecuado para incorporarlos a la producción. En el caso de texturas gruesas son muy susceptibles a la erosión en terrenos inclinados.

Los suelos con cangahua corresponden al gran grupo Durustands de los Andisoles, cuando el régimen de humedad es ústico (al menos 90 días continuos húmedos anualmente, caso de buena parte del cantón Mira), pudiendo ser Petrocalcic Durustands si se presenta un horizonte (subsuperficial) cálcico (caso de La Concepción). Los suelos con cangahua alcanzan a 240.000 ha en la mitad Norte del Ecuador, desde Alausi hasta Tulcán. De esa superficie, existen cerca de 80.000 ha que han sido fuertemente erosionados, donde la cangahua es superficial o está a menos de 20 cm de profundidad, lo que impide su uso por sistemas de agricultura convencional. (Hall & Mothes, 1996; Quantin 1996).

En sectores del cantón Bolívar existe una alta proporción de suelos con cangahua, erosionados en los topes de colinas y vertientes empinadas, y poco erosionados en fondos de valle y vertientes de poca pendiente (menos de 20%). La tradición oral afirma que estos suelos fueron utilizados para la producción de trigo y cebada durante la época colonial, lo cual debió haber determinado su deforestación y haber incidido en los procesos erosivos. Actualmente se adelantan varias iniciativas públicas y privadas para mejorar estos suelos e incorporarlos al uso productivo, para lo cual ha sido necesario desarrollar sistemas de riego. Más adelante se detalla sobre ello.

En el Valle del Chota, durante la época precolombina, los indígenas cultivaban coca y algodón, aunque la incidencia de malaria debió haber influido en una baja intensidad de ocupación y de uso de la tierra (Coronel, 1991). La cultura actual de la caña de azúcar con riego y fertilización en las terrazas y cono-terrazas, de suelos más profundos y de menor pendiente, se ha mantenido desde el siglo XVII, cuando se establecieron las grandes haciendas de los Jesuitas, y parte del territorio del actual Ecuador avanzó en su transformación agrícola bajo el régimen colonial

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

(Coronel, 1991). En la actualidad, además de la caña y los ingenios de azúcar, se desarrolla paralelamente el cultivo de maíz, frijol, pimienta, cebolla, tomate, yuca, ají, camote, algodón y algunos frutales, a pequeña escala comercial y para la alimentación familiar. Hacia las zonas más altas del cantón Mira está incrementándose el cultivo del aguacate (Figuras 2 y 3).



Figura 2: Valle del Chota, cantón Mira, Carchi, cono-terracea con 10% de pendiente y suelos estables, moderadamente profundos, bajo cultivo de caña de azúcar, tomate, frijoles, maíz, yuca y otros rubros, con riego.



Figura 3: Cultivo de aguacate en expansión en laderas de suelos inestables, agricultura con riego bajo clima semiárido en el Cantón Mira, Carchi

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

La Tabla 1 muestra los usos de la tierra en Carchi, según el III Censo Nacional Agropecuario (MAGAP 2012). Bosques y matorrales ocupa un 28% de la superficie total (casi 50.000 ha), mayormente en las faldas más altas y empinadas de ambas cordilleras, a las que se suman los páramos en las cumbres con 8,7% (15.000 ha) constituyendo en su conjunto la superficie captadora de agua y protectora de la biodiversidad.

Tabla 1: Distribución del Uso de la Tierra en la Provincia del Carchi, Norte del Ecuador (MAGAP 2012).

| USOS | Ha | % |
|-----------------------|---------|--------|
| Cultivos permanentes | 3.083 | 1,80 |
| Cultivos transitorios | 24.603 | 14,10 |
| Tierras en descanso | 3.483 | 2,00 |
| Pastos cultivados | 40.296 | 23,10 |
| Herbazales naturales | 31.218 | 17,90 |
| Paramo | 15.096 | 8,70 |
| Bosques | 48.699 | 28,00 |
| Otros | 7.733 | 4,40 |
| TOTAL | 174.211 | 100,00 |

Pastos cultivados ocupa el 23,1% (40.000 ha); la casi totalidad de los pastizales está en los cantones Tulcán, Montufar, Mira y Espejo. Los cultivos transitorios cubren el 14,1% (25.000 ha) y los permanentes solo el 1,8% (3.100 ha).

En la Tabla 2 se detalla la distribución de los cultivos transitorios: la papa ocupa aproximadamente el 25% y el frijol seco, la cebada y la arveja el 30%, y en el 45% restante del área dedicada a cultivos se producen otros 13 rubros. En 2013, la superficie cultivada de papa en Carchi fue de 4.459 ha y se produjeron cerca de 80.000 Tm (28% del total del país), con un rendimiento promedio de 17,9 Tm/ha, el más alto del país y muy cerca del promedio de Venezuela y Colombia (20-24 Tm/ha).

Tabla 2: Superficie de cultivos agrícolas en Carchi, Ecuador (MAGAP 2012).

| Cultivo | Ha | Cultivo | Ha |
|-------------------|-------|------------------|-----|
| Papa | 6.179 | Plátano | 484 |
| Frejol seco | 3.168 | Anís | 478 |
| Cebada | 2.421 | Aguacate | 409 |
| Arveja tierna | 1.868 | Cebolla perla | 388 |
| Maíz suave choclo | 1.270 | Arveja seca | 360 |
| Maíz duro seco | 1.054 | Caña otros usos | 334 |
| Cebolla roja | 845 | Cana para azúcar | 295 |

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

| | | | |
|-------------|-----|------------|--------|
| Trigo | 611 | Naranjilla | 295 |
| Haba tierna | 553 | TOTAL | 21.012 |

La diversidad de rubros refleja la variabilidad edafoclimática de la provincia del Carchi. Sin embargo, existe una notoria especialización productiva en los cantones. El 80% de la superficie cultivada de papa se concentra casi a partes iguales entre Tulcán y Montufar (zona fría y húmeda), mientras que el frijol seco se divide entre Mira y Bolívar (zona semiárida), y la caña de azúcar, el aguacate, el maíz tierno y seco y la naranjilla se concentran en Mira (Valle del Chota). En el Cantón Huaca, el de menor superficie (4.500 ha), casi la mitad del área (46%) corresponde a herbazales naturales, mientras que la otra mitad está dividida en tres partes iguales para bosques y matorrales, pastos cultivados y cultivos transitorios (mayormente papa y leguminosas).

El cantón Tulcán, el más extenso (63.000 ha), posee el 73% (10.900 ha) de los páramos de la provincia (15.100 ha). En cantones como Huaca, Bolívar y Montufar más del 50% de la población activa esta empleada en el sector agrícola, pecuario, silvícola y acuícola (Comisión Europea et al, 2012) y la producción de lácteos (quesos, leche pasteurizada y yogurt) se ha convertido en una de las principales industrias de la provincia.

Además de las propiedades de los suelos volcánicos, otro factor natural que ha contribuido con el significativo desarrollo agrícola y agroindustrial, en esta parte del VI, ha sido la relativa regularidad de las precipitaciones y el balance hidrológico positivo en 9 de los 12 meses (Unión Europea 2013; Franco et al 2015), lo que permite la agricultura sin riego; sin embargo, ello impone límites a la producción agropecuaria, y expone a la producción a los riesgos determinados por periodos de déficit hídrico relacionados con el fenómeno del Niño y el cambio climático. Franco et al (2015) han encontrado en suelos de cimas y laderas empinadas, más aún en aquellos con cierto nivel de degradación, texturas gruesas con muy baja capacidad de reserva de agua, lo que inhabilita su capacidad para amortiguar el negativo efecto de cortos periodos sin lluvia sobre el desarrollo de los cultivos y los pastos. De allí surge la evidente necesidad de asegurar a la agricultura del VI, frente a los avatares del cambio climático, mediante sistemas de riego, aun en las zonas relativamente húmedas del Carchi.

En las zonas semiáridas, de climas más cálidos y secos, con suelos variables según su geomorfología y relieve, ricos en bases y relativamente pobres en materia orgánica, la aridez obliga a la implantación del riego. Hacia las tierras más altas y de mayor humedad, en el propio cantón Mira y en el Bolívar, se está desarrollando en forma creciente, como alternativa económica innovadora y de impacto, la agricultura tecnificada con inversión de capital para el cultivo del aguacate y la quinua. De igual forma ha surgido como producto de exportación el cultivo de rosas bajo cubierta, con aplicación de un paquete tecnológico relativamente sofisticado, que incluye

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

obtención de germoplasma, hibridación, manejo del sustrato y aplicación de agroquímicos para fertilización y control de plagas y enfermedades, además de cámara fría, atención técnica especializada y alta ocupación de mano de obra. Finalmente, debe mencionarse que la creciente demanda de productos orgánicos en el mercado nacional e internacional es un atractivo que está impulsando el desarrollo, aún en fase inicial, de formas de producción orgánica en la vecina provincia de Imbabura y otras localidades del Ecuador. Desde luego, el fomento de la producción orgánica debe vencer la cultura de los agroquímicos inducida desde los 70's, y la neutralización del impacto de su uso en los suelos y el ecosistema para poder obtener la certificación de producto orgánico.

Materiales y métodos

Estudio de los Suelos y del Uso de la Tierra en Áreas Seleccionadas

Se procedió a estudiar detalladamente los suelos en las fincas experimentales de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC): la finca San Francisco localizada en el cantón Huaca a 2.800 m de altitud, bajo clima húmedo y frío, y la finca Alonso Tadeo, localizada en La Concepción, cantón Mira, a 1.400 m de altitud, bajo clima seco y templado. Ello permitió desarrollar un sistema de clasificación interpretativa de los suelos, como base para abordar la exploración del uso de la tierra y el estudio de los cultivos (Franco et al 2015) en áreas de condiciones edafoclimáticas similares. Asimismo, se describieron perfiles de suelo y el uso de la tierra en fincas vecinas y en varios sitios de los cantones Tulcán (parroquias Tulcán y El Carmelo), Tufiño y Bolívar. Muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio para las determinaciones de rutina. Estos estudios se complementaron con recorridos por diversas áreas de los cantones mencionados de la Provincia del Carchi. La descripción de los suelos siguió el Manual para la Descripción de Perfiles de Suelos (FAO, 2009) y Soil Taxonomy (2010). Los resultados específicos de los estudios de suelos serán difundidos mediante artículos en una revista especializada en el tema.

Obtención y Análisis de Información sobre el Marco Edafoclimático e Histórico-Cultural del Desarrollo Agrícola del Carchi

Durante los recorridos se obtuvo información de productores, complementaria a las observaciones de campo. Asimismo, se obtuvo información en bibliotecas especializadas y en fuentes de internet, que permitieron obtener una visión prospectiva hacia el pasado, presente y futuro del desarrollo agrícola carchense. Esa visión fue contrastada mediante discusiones con técnicos y especialistas locales, especialmente, durante el dictado del curso: *Suelos y Desarrollo*

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Sostenible en el Carchi, durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2015, en la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario (EDIA) de la UPEC, en Tulcán.

Resultados y Discusión

Cronología del Desarrollo Agropecuario en el Carchi

Antigua Cobertura de Bosques y Avances de la Frontera Agrícola

Hidalgo (2007) publicó una detallada recopilación de las fuentes históricas con descripciones de los ecosistemas naturales del Ecuador, previos al desarrollo agropecuario moderno. Algunas descripciones de la cobertura vegetal que existió en paisajes del Carchi se presentan a continuación:

- Pueblo de Huaca (varias citas entre 1862 y 1951): zona de **bosques húmedos andinos**, una verdadera selva andina que se mantuvo intacta hasta fines del siglo XIX y comienzos del XX. Alrededor de Huaca, en los terrenos que no han sido labrados para pastos o plantaciones, crecen tupidos bosques de árboles muy altos, y especialmente hacia el Este y el Oeste se ven inmensas extensiones cubiertas de selva. Aunque muy deteriorados estos bosques todavía existían en 1951. Se menciona la presencia de árboles de *Chinchonas*. (Nota: probablemente se refiere a *Cinchona officinalis*, el árbol de la quina o cascarilla, usado contra la malaria).

Se conoce que Huaca fue asiento de la cultura Pasto en el periodo 700-1570 DP, y se tiene información sobre la construcción de la Iglesia de Huaca en 1570 (Comisión Europea et al, 2013). Pudiera asumirse que las poblaciones indígenas precolombinas, y aun la sociedad productiva de la colonia, no causaron mayor impacto ambiental en la región fría y húmeda del VI norte, aceptando como válidos los reportes de tupida cobertura boscosa hasta mediados del siglo XX, o si lo causaron hubo abandono de áreas y la capacidad de recuperación del ecosistema se expresó en las formaciones vegetales reportadas en Hidalgo (2007). El cantón San Pedro de Huaca fue creado en 1995, un desarrollo político-administrativo muy reciente (Comisión Europea et al, 2013).

- Tulcán-Tufiño-Maldonado (citas desde 1884 hasta mediados del siglo XX): la circunscripción de Tulcán formó parte del sistema de **selvas húmedas andinas** que antiguamente cubrió la casi totalidad de los valles carchenses. Los bosques se extendían también desde el km 51 de la vía Tufiño hacia Maldonado y se mantuvieron en buen estado de conservación hasta la década de 1950. Su destrucción comenzó con la construcción de la carretera Tulcán-Tufiño-Maldonado. Las especies más destacadas eran cedro, olivo, amarillo y encino.
- El Carmelo - cantón Tulcán (citas desde 1874 hasta 1960): **Bosques de neblina montanos y bosques siempre verde montano bajo** situados en la vertiente oriental de Los Andes. La

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

celebridad de estas selvas vino por la explotación de la corteza de cascarilla (control de la malaria). Lo remoto de la zona y la falta de una carretera retardaron la biocenosis (destrucción). Hacia 1934, la vía solo había llegado hasta el río Chinchigual en donde ya había monte alto. En 1951 todavía existían extensiones apreciables del antiguo bosque. A lo largo de la década de 1960, la expansión de la frontera agrícola fue muy importante en la zona.

En el área correspondiente a la Parroquia El Carmelo del cantón Tulcán, Benavides y Gómez (2002), en su estudio sobre la finca San Vicente de dicha Parroquia, reportan, citando a Guaran (1997), que la comunidad fue originalmente fundada bajo el nombre de Púm por inmigrantes colombianos que huían de la “guerra civil colombiana de los mil días” (1899-1902). Luego de la llegada de los padres Carmelitas en 1945 y en reconocimiento a su labor, el nombre le fue cambiado a El Carmelo en 1950. Se pudo obtener más información sobre el desarrollo histórico agropecuario local en entrevistas realizadas a tres habitantes de la Parroquia por el autor. Los señores Manuel Cornelio, nacido en 1936 en Colombia y residente en el lugar desde los 7 años de edad (llegó en 1943), el señor Parméndez Heriberto Cuasque, nacido en 1945 en Colombia y residente desde 1960, y el señor Segundo Fulgencio Córdova, nacido en 1926 igualmente en Colombia, y, desde muy joven residente en El Carmelo, y empleado entre 1956 y 2000, precisamente en la finca La Victoria, la misma estudiada por Benavides y Gómez. En versiones coincidentes los tres relatan sus experiencias como obreros agrícolas al servicio de las fincas en proceso de desarrollo en los años 50’s y 60’s.

Los entrevistados afirman haber socialado el bosque en las vertientes, talado grandes árboles de las especies Encino, Pandala, Arrayan, Guandera, Amarillo y Yarumbo, entre otros, para obtener leña y fabricar carbón; haber acumulado el material vegetal en sitios determinados y haber procedido con la quema en las temporadas secas (aún se encuentra carbón vegetal en perfiles de suelo a 1 m de profundidad). Luego de la eliminación de los tocones y raíces, procedían a sembrar papa (variedad chaucha pirampireña: *Solanum phureja*), melloco, oca, repollos, habas, cebada y trigo; usaban implementos manuales de madera y hierro y no se aplicaron agroquímicos hasta que apareció el “abocol” hacia los 70’s. Una vez limpia la parcela podía usarse el arado y la yunta de bueyes. La cebada se vendía a la cervecería Bavaria de Ipiales, habiéndose perdido el estímulo para su cultivo al cerrar esa fábrica en los 80’s. El trigo se llevaba a Bolívar para su molienda, en una travesía en bestia de dos días. Las frutas disponibles eran de origen silvestre: taxo, uvilla, mora y chilacuán. Hubo ovejas ya en 1946 y telares o hilanderías en el pueblo, donde se fabricaban cobijas y ponchos. Las fincas se mantuvieron sin cercas hasta hacerse posible la adquisición de alambre de púas a partir de los 80’s, una vez abierta la vía a Tulcán en 1982. Ello posibilitó igualmente la entrada de ganado Holstein, pues previamente el uso era eminentemente agrícola y las fincas solo tenían algunas vacas “runas” para la leche y el queso de consumo propio.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

La ganadería, que se inició con el pasto Holco (*Holcus lanatus*), naturalizado en la zona y de moderado poder alimenticio, sufrió un gran impulso con la introducción del Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el lotes (*Lotus corniculatus*) una leguminosa forrajera, ambas especies se adaptaron y se hicieron comunes en los pastizales de Ecuador y varios países de Suramérica desde los años 60's y 70's (Cuitiño 2010); igual ocurrió algunos años más tarde con el ray grass (*Lolium perenne*). Desde las últimas dos décadas se han diversificado los pastizales con la introducción de nuevas especies y variedades. Balarezo (2015) encontró en fincas en Tufiño (cantón Tulcán) Kingston, One fifty y Banquete: Ballica perenne, pasto azul: dactylus glomerata y Trébol blanco: *Trifolium repens*, mientras que Benavides (2015) en El Carmelo reporta la predominancia de kikuyo, ray grass y holco, enriquecidos con trébol blanco y lotus. Ramos et al (2002) hacen un detenido análisis sobre el comportamiento de tres especies forrajeras en suelos de montaña.

Como se deduce de estas informaciones, para los visitantes de mediados del siglo XX o antes, buena parte del VI húmedo y frío en el Carchi estaba cubierto de bosques nublados andinos entre 2.400 y 3.400 m de altitud, seguidos de vegetación de Páramos. La deforestación ha llevado el límite de la selva nublada por encima de los 3.200 metros de altitud (figura 4), aunque se observan pocos relictos boscosos a menor altura, relacionados con ciénagas en zonas de depresión. El mal drenaje se ha acentuado por la deforestación, al eliminarse la intercepción por el dosel del bosque y la evapotranspiración del ecosistema forestal. La acumulación de agua en depresiones en las vertientes ha originado deslizamientos y deslaves (figura 4). Las plantaciones forestales con especies exóticas adaptadas a suelos degradados, introducidas en Ecuador desde 1860, han permitido estabilizar vertientes y generar madera para leña y construcción (*Eucaliptus* spp.) y para carpintería (*Cipres: Cupressus* spp. y *Pinus* spp.). Ello es muy importante, especialmente en Carchi, donde ya no existe bosque natural de donde se pueda extraer madera legalmente.



Figura 4: El límite de la selva nublada (Bosque Húmedo Montano Alto) ha retrocedido por sobre los 3.100 m de altitud en El Carmelo, cantón Tulcán, al igual que en otros cantones del Carchi, colocando en riesgo las fuentes de agua.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Cerro Iguán en Mira (cita del año 1942): En la base del cerro existía un típico **bosque xerofítico serrano**. Entre 2.400 y 3.400 m había una franja intermedia cubierta de bosque húmedo andino, seguida en la cima por el páramo.

El Cerro Iguán es un volcán extinto, con erupciones posiblemente en el Pleistoceno (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional-página web). El bosque xerofítico serrano citado debió haber sido la vegetación dominante en el VI seco y templado, que corresponde a las formaciones denominadas Bosque seco y Monte espinoso (250-500 mm precipitación anual, piso montano bajo) que define el Mapa Ecológico del Ecuador para buena parte de los cantones Mira y Bolívar del Carchi (IGM 1978). Es de asumir que el clima en esta región fue más seco (y frío) durante el último periodo glacial y que ello debió haber influido en el endurecimiento, es decir, en la conversión de las cenizas volcánicas finas en cangahua. Del mismo modo, que la deforestación del monte espinoso y el cultivo del trigo y la cebada promovieron su erosión durante la colonia.

En visita de trabajo a la finca La Paz en la parroquia Bolívar del cantón Bolívar del Carchi, se pudo conocer de su propietario, Sr. Jaime Cangas, sobre su experiencia de más de 30 años en trabajos de mejoramiento de los suelos. Ello se complementó con el estudio del perfil de suelo y observaciones técnicas sobre los cultivos y métodos empleados. La finca de 40 ha se localiza en una larga vertiente de 5 a 20% de pendiente, con poca erosión visible. El suelo se caracteriza por una capa moderadamente endurecida de cenizas volcánicas de textura Franco arcillosa (A11 color pardo grisáceo oscuro), de deposición reciente (Holoceno superior) de aproximadamente 30-40 cm de espesor, sobre un material negro, humoso (IIA12 fósil) de un metro de grosor, de textura franco arcillo limosa que se hace franco limosa hacia la base, de deposición postcangahua (Holoceno). Todo el perfil del suelo se encontró muy húmedo y saturado en la base, debido al riego, con desmejoramiento de la estructura con la profundidad (masivo hacia la base). Inmediatamente debajo sigue un duripan (cangahua), de color gris claro con precipitaciones de óxidos de silicio en forma de bandas verticales de 2 a 4 cm de grosor. El suelo fue sometido inicialmente a roturación hasta 1 m de profundidad mediante tractor de oruga, con dos pases en X. Luego de establecido el riego por gravedad, se sembró vicia y avena, cultivo que luego del primer corte se dejó crecer y se incorporó al suelo como abono verde. Desde los años 80's y aproximadamente por dos décadas se mantuvo el terreno con ray grass (y parcialmente con trigo) para alimentar 40.000 cuyes destinados en buena parte a la exportación a Colombia como pie de cría, usándose compost para fertilizar el suelo. Al hacerse inviable económicamente la producción de cuyes en el 2000 (a consecuencia de la dolarización de la economía ecuatoriana), el productor cambió la producción a cerdos, igualmente para cría, y transformó los pastizales de ray grass al cultivo de maíz para alimentación animal (recientemente también introdujo zanahoria amarilla con el mismo fin). El productor perfeccionó la producción de humus líquido a partir del compostaje de los desechos orgánicos animales y vegetales de la finca empleando lombriz californiana, y aplica el líquido para fertilizar

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

los maizales. Continúa utilizando el arado de discos para preparar la tierra y aplica herbicida postemergente para controlar el ray grass y el trigo, que actúan en los maizales y en el cultivo de zanahoria como “malezas” de difícil erradicación.

Como dato de especial interés debe mencionarse el cultivo de maíz durante 5 ciclos continuos sobre la misma parcela, sin pérdida de rendimiento, y, además, manteniendo un bajo nivel de plagas (gusano del maíz) a pesar de no utilizarse plaguicidas químicos, solo el humus líquido (Figura 5).



Figura 5: Sistema agroproductivo sostenible basado en el reciclaje de nutrientes entre los componentes del sistema: suelo-cultivo agrícola-alimentación animal-desechos orgánicos vegetales y animales-compostaje (lombricultura)-abonamiento del suelo. No se requieren entradas de fertilizantes químicos ni plaguicidas para el cultivo, ni alimento concentrado para los animales.

El sistema agroproductivo del Sr. Cangas, caso único en el Carchi, merece ser estudiado en detalle por su significancia en cuatro aspectos: a) La recuperación de suelos de difícil manejo para la producción, b) el desarrollo de una agricultura libre de fertilizantes químicos y plaguicidas, con probada sostenibilidad en la producción, c) la estabulación del componente animal, la producción intensiva de los alimentos requeridos por los animales y su procesado, con resultados satisfactorios

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

de nutrición y salud animal, y d) el uso de especies arbóreas como cortinas rompevientos en los lotes de maíz.

El éxito del sistema agroproductivo se debe principalmente a dos elementos: primeramente, a la integración de la producción animal y vegetal a través del reciclaje constante de nutrientes, mediante el compostaje de los desechos y el abonamiento de los cultivos, y, en segundo lugar, a la autonomía económico-productiva. No se requieren agroquímicos para el componente vegetal, ni alimento concentrado para el componente animal.

Evolución desde la Década de los 70's

IRNE, República del Ecuador (1979) reporta para 1974, una población de 120.857 habitantes en Carchi, siendo la principal actividad económica la agropecuaria, la que se consideraba un Sector Estratégico por la disponibilidad de recursos (suelo y aguas, y tradición agrícola), además, con una producción variada debido a los diferentes pisos térmicos. Sin embargo, el mismo Informe Final afirma que “en el Callejón Interandino la frontera agrícola se encuentra *prácticamente agotada* (subrayado nuestro), pero es posible aumentar los rendimientos en forma apreciable. En la subregión Andina hay alrededor de 81 mil hectáreas de las clases II, III y IV aptas para labranza, y se destinan a esta actividad 101 mil hectáreas, lo que significa que hay una *sobreutilización del suelo* (subrayado nuestro). Hay además 108 mil hectáreas de las clases V, VI y VII”. Puede asumirse hoy, 36 años más tarde, que el agotamiento de la frontera agrícola se ha convertido en agotamiento de los suelos y la sobreutilización ya reportada en 1979 debe haberse acentuado; a ello debe sumarse el impacto de agroquímicos y aguas servidas en la calidad de los recursos hídricos (Peña 2015).

El mismo informe reporta que en las áreas con cultivos transitorios el más extendido era el maíz, seguido de trigo y cebada; los tres abarcaban más del 50 por ciento de la superficie cultivada de la subregión andina. Eran importantes también la papa, las leguminosas y la caña de azúcar, que junto a las siembras anteriores cubrían el 88 por ciento del área cultivada. Se afirma que en esta subregión la capacidad de uso del suelo puede mejorar mediante obras de regadío. Según el censo de 1974, de las 101 mil hectáreas de labranza, se regaban 23.500; los cultivos más comúnmente regados eran lógicamente los de las zonas secas: el maíz y la caña de azúcar. Más detalles se encuentran en la publicación No. 31 "Zonificación Agrícola" del Plan de desarrollo de la Región I, INERHI-CONADE-OEA, 1979.

La información obtenida sugiere que el grueso de la deforestación y expansión de la frontera agrícola en las áreas citadas del Carchi se completó en las décadas de los 50's y 60's, permitiendo asumir un periodo moderno de uso agrícola y pecuario de hasta 55-65 años, lo que es importante al analizar el estado de conservación o degradación de los suelos agrícolas. Ello permite definir un periodo de expansión del uso predominantemente agrícola de las tierras entre 1950 y 1980 y

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

posteriormente y en forma creciente pecuario. El uso de agroquímicos y pastos introducidos se ha intensificado en la última década. La ganadería de leche se ha consolidado y abastece la industria de lácteos del Carchi en el eje vial Tulcan-San Gabriel.

Ello permite definir un periodo de expansión del uso predominantemente agrícola de las tierras entre 1950 y 1980 y posteriormente y en forma creciente pecuario. El uso de agroquímicos y pastos introducidos se ha intensificado en la última década y la ganadería de leche se ha consolidado y abastece la industria de lácteos del Carchi en el eje vial Tulcan-San Gabriel. Ello coincide con el periodo de influencia de las dos reformas agrarias realizadas en el Ecuador (1964 y 1973), las que impulsaron la transformación de la tenencia de la tierra y promovieron la expansión de la frontera agrícola, bajo la influencia del crecimiento demográfico.

López (2004) hace un exhaustivo análisis de las implicaciones de la tenencia de la tierra en la expansión del área agrícola en tres localidades ecuatorianas, incluyendo el páramo El Ángel (Carchi). La autora hizo el seguimiento a la expansión agrícola determinando un aumento entre 1965 y 1993 desde 8.933 ha hasta 10.011 (12%) y el ascenso del límite altitudinal en 100 m, alcanzando los 3.550 m de altitud, pese a las severas condiciones locales. Ello debe haber impactado la importante función captadora de agua del ecosistema Páramo. Al mismo tiempo ocurrió la fragmentación de las propiedades, fenómeno social común relacionado con la distribución de las tierras entre los herederos, una vez ocurrido el cambio del modelo latifundio-minifundio imperante desde la colonia, por el moderno modelo del pequeño y mediano agricultor-empresario.

Pudiera conjeturarse que la influencia de las reformas agrarias en la evolución del desarrollo agropecuario en Carchi tuvo impacto diferencial en las diferentes regiones, según la presión demográfica (caja de resonancia de las decisiones políticas) y según la organización social imperante en las localidades. En el caso de la Parroquia El Carmelo, el aislamiento en relación a la capital política Tulcan, y la mayor relación social y económica con Colombia, determinó el rumbo de la colonización agraria y la etapa inicial del desarrollo. En esta parroquia el páramo, y aun la franja de selva nublada subyacente, no han sido afectados aun por la expansión agropecuaria.

Cabe hacer aquí dos acotaciones, primera, que el llamado ‘Paramo de la Virgen Negra’ es un volcán extinto (última erupción hace más de 10.000 años: Instituto Geofísico, EPN 2015) convertido en domo de lava, al igual que la vecina elevación de El Mirador. El domo de la Virgen Negra, y la selva nublada circundante, conforman hoy un gran macizo aislado y en riesgo de desaparición por deforestación ilegal para carbón y expansión de pastizales. Se ha planteado su decreto como área bajo protección por parte del Estado ecuatoriano. La segunda acotación, es que el volcán Soche erupcionó hace 8.600 años y se considera por ello “potencialmente activo” (Instituto Geofísico, EPN 2015). Según ello, este volcán podría ser la fuente de la gruesa capa de lapilli presente en la zona de El Carmelo, la que, a diferencia de los perfiles de Huaca, alcanza aquí

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

hasta 5 metros de espesor, conteniendo fragmentos ovalados de pómez de hasta 15 cm de largo. La capa de cenizas finas (0-1 m de espesor) que cubre el grueso manto de lapilli, pudiera provenir del Soche o de los volcanes Chiles, Cerro Negro, o aun del volcán Cumbal (en Colombia), todos con erupciones de gran magnitud en el Holoceno. Usselman (2010) hace una detenida revisión sobre la actividad volcánica en el Sur de Colombia, y Vallejo (2011) sobre la distribución de cenizas volcánicas en sectores del Ecuador.

3.1.3. Definición de Etapas en el Desarrollo Agropecuario del Carchi

El desarrollo agropecuario del Carchi en tiempos modernos puede dividirse en tres etapas: a) 1940-1980: Etapa de expansión en tierras vírgenes mediante la deforestación en valles altos y vertientes, con predominio del cultivo de la papa, el trigo y la cebada, prácticamente sin agroquímicos y con baja incidencia de la ganadería; b) 1980-2000: Etapa de transición hacia un mayor uso pecuario y mayor intensidad de uso de tecnologías modernas (agroquímicos y maquinaria), con mayor incidencia de procesos de degradación física y química de suelos y aguas (afectación que aun prosigue su avance); c) 2000- presente: retroceso del cultivo de la papa, consolidación y modesto crecimiento de la ganadería de leche, pese a la instalación de tanques de enfriamiento y fortalecimiento de la industria láctea; y pese a la introducción de nuevos pastos y mayor uso de agroquímicos. Por otra parte, se han desarrollado nuevos cultivos a escala comercial (quinua, aguacate, rosas bajo invernaderos) y las nuevas industrias de aceite de aguacate y harina de quinua.

El relativo estancamiento de la producción agropecuaria se evidencia al observar que la producción de papa en Carchi se redujo de casi 139.000 Tm en 2005 a solo 80.000 en 2012. Tal reducción no se reporta para las provincias de Chimborazo y Cotopaxi, las que dedican la mayor superficie al cultivo en Ecuador (MAGAP, 2012). Por otra parte, en 2005 el número de vacas ordeñadas en Carchi fue de 38.000 y en 2012 de 48.400, y la producción de leche aumento en el mismo lapso de siete años de 301.000 litros a 408.000 (entre 5 y 3,5% anual). Este modesto aumento en el volumen de leche está asociado a cambios en el uso de la superficie cultivada en papa, que se redujo de 8.183 ha en 2005 a solo 4.459 en 2012 (45% menos), y buena parte fue convertida a pastizales, tal como ha ocurrido en El Carmelo. Las modificaciones mencionadas pueden estar relacionadas, en primer término, con la incertidumbre y las fuertes fluctuaciones de precio que prevalece en el mercado de la papa fronterizo, y con el estímulo estatal a la producción de leche, pero pudiera estar siendo influenciada por crecientes costos de producción y riesgos derivados de la degradación de los suelos (erosión, estado fitosanitario, mayores requerimientos en agroquímicos). En relación a la producción lechera, Balarezo (comunicación personal) opina que existen situaciones de índole reproductiva, nutricional y de salud en los rebaños que, de solventarse, pudieran incrementar la producción por animal en forma significativa; por ejemplo, el tiempo

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

promedio entre parto y nueva preñez puede reducirse a la mitad (actualmente es excesivamente largo), con lo cual se incrementaría la eficiencia reproductiva y productiva.

Puede concluirse que en el Carchi se alcanzaron niveles máximos de productividad fundamentados en la expansión de la frontera agropecuaria a costa del bosque nublado y mayor inversión en mejoramiento de pastos y agroquímicos, en las últimas dos décadas, tanto en cultivos como en ganadería de leche. Pero se requerirían cambios significativos en los sistemas de producción para posibilitar un incremento sustancial en los índices de producción a futuro. Las metas de incrementar la producción de leche y de cultivos agrícolas, base del desarrollo agroindustrial propuesto en los planes oficiales, deberá ir de la mano con la meta de hacer más eficientes los procesos productivos, detener la degradación de los suelos con nuevos sistemas de producción, rescatar la calidad de los recursos hídricos y aumentar las capacidades en embalses y nuevos sistemas de riego. Un programa de mini-embalses sobre los 2.800-3.200 m.s.n.m. permitiría salvaguardar volúmenes importantes de agua de la contaminación y canalizarla hacia unidades productivas y comunidades directamente. Con ello se avanzaría hacia la sostenibilidad del desarrollo en las próximas décadas. Una muestra de nuevos sistemas y nuevas formas de hacer agricultura exitosa lo constituye la producción de rosas, aguacates, quinua y la incipiente agricultura orgánica. Sin embargo, allí deberán integrarse cada vez más las variables ambientales y la calidad de los productos en el balance costos/beneficios, a los fines de conquistar y consolidar mercados.

Riesgos y Amenazas para la Sostenibilidad del Desarrollo Agropecuario del Carchi

Tal como se ha descrito, el potencial agropecuario de las tierras altas y húmedas del Carchi está sometido a riesgo de degradación por una combinación de factores naturales y culturales. La predominancia de un relieve montañoso y escarpado en las vertientes cordilleranas, y colinado y ondulado en el propio VI, con pendientes cambiantes a corta distancia y valores frecuentes entre 25 y 40% o más de inclinación, además, casi totalmente deforestado, conforman un cuadro propicio al desarrollo de procesos de degradación edáfica por erosión laminar y movimientos en masa, tales como soliflución, deslizamientos y deslaves. A ello se suma la predominancia del monocultivo como práctica agrícola, como es el caso del rubro papa y el pastizal para ganadería de leche; estos dos usos se alternan frecuentemente en la misma superficie en un ciclo de pocos años, con lo cual la incidencia del uso de maquinaria (tractor y arado), el uso intensivo de agroquímicos y el sobrepastoreo afectan progresivamente las condiciones del suelo. En suelos con contenidos de arcilla sobre 25% se observa la incidencia de movimientos en masa donde se acumulen los flujos superficiales o subsuperficiales de agua. (Figuras 6 y 7).



Figura 6: Erosión laminar severa en pendiente 25-40%, mecanizada para cultivar papa (Tulcán, Carchi). Se ha erodado 50-60 cm del horizonte A1, franco arenoso fino, aflorando el lapilli blanco (pómez).

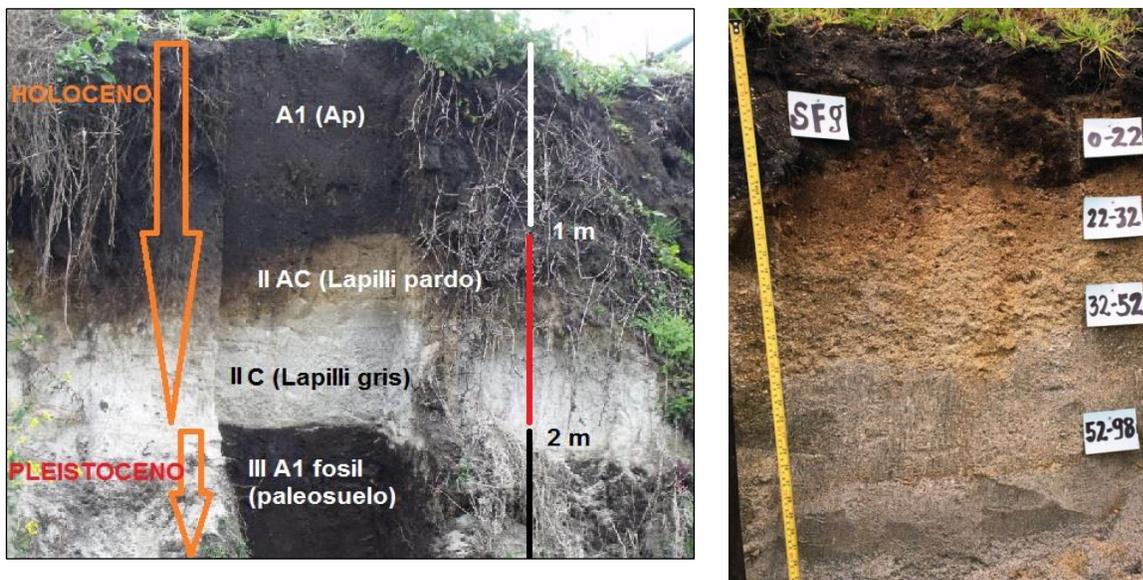


Figura 7: deslizamiento regresivo en vertiente por saturación, con la consecuente afectación de la fuente de agua (suelo con más de 25% de arcilla en pendiente de 30 a 40%), El Carmelo- Tulcán, Carchi. Nótese el inicio en la implementación de un Sistema Agroforestal: hileras dobles de Aliso, en curvas de nivel cada 10 m protegidas por cercas, pastos kikuyo y ray grass más trébol en las franjas pastoreadas (Benavides, 2015).

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

La preparación de las tierras mediante el tractor, el arado y la rastra en suelos de vertientes con más de 30% de pendiente está contribuyendo con el proceso de degradación por erosión (Córdova y Valverde, 2002) y, pudiera estar igualmente generando compactación y reducción del contenido de materia orgánica en el horizonte A1 (Figuras 8 y 9). Es común el pase del arado en la dirección de la pendiente en áreas muy inclinadas para evitar el volcamiento del tractor. Afortunadamente, la alta permeabilidad de los suelos, gracias a su textura y estructura, y la predominancia de intensidades de lluvias bajas a medias, ha evitado la erosión en surcos y en cárcavas en las áreas de suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas, como es el caso de Huaca (Franco et al, 2015).



Figuras 8 y 9. Izquierda: suelo poco degradado, derecha: suelo severamente degradado por erosión, mezcla por el arado del A1 y el IIAC (lapilli pardo) y compactación (Huaca, Carchi).

Por otra parte, en las tierras semiáridas del Valle del Chota, al Sur del Carchi, el desarrollo depende primeramente de la disponibilidad de agua para riego, y por supuesto para consumo humano en cantidad y calidad, necesidad social aún por satisfacer pese a los esfuerzos ya realizados. Y en segundo lugar, del desarrollo de sistemas agroproductivos adaptados a las difíciles condiciones edafoclimáticas que prevalecen en la zona: alta evapotranspiración por radiación y vientos, tendencia a la alcalinidad y bajo contenido en humus de los suelos y alto riesgo de erosión. La reducida capacidad protectora de la vegetación xerófitica de las vertientes y su deforestación con fines agrícolas, además de los incendios periódicos y la apertura de vías, ha promovido intensos procesos de erosión, posiblemente ya desde la época colonial.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

La geomorfología cuaternaria ha creado en el sector árido del valle 5 diferentes condiciones de relieve y suelo (Figura 10): en 1 la fuerte pendiente y la escasa cobertura vegetal han generado superficies prácticamente sin suelos, donde subsiste vegetación especializada (Bromelias, Agaves y otras); en 2 los suelos inclinados de cenizas volcánicas sobre cangahua son utilizados para cultivos transitorios con riego, y entre ellos el aguacate está expandiéndose como cultivo comercial; sin embargo, la potencialidad de las áreas depende de la profundidad del estrato-horizonte A1; en 3 se presentan suelos volcánicos con horizontes endurecidos a poca profundidad (Cangahua) cubiertos de sedimentos eólicos (Areno francosos) de aproximadamente 50 cm de espesor, donde son posibles cultivos transitorios con riego. En estas posiciones (2 y 3) el deficitario balance hídrico es acentuado por el movimiento del agua en función de la pendiente y por el efecto de los vientos, haciendo la producción una tarea, ya difícil por la alcalinidad de los suelos, muy compleja (Figura 11). En 4 y 5, acumulaciones aluviales de suelos más profundos y suaves pendientes, la caña de azúcar ha probado ser un cultivo sostenible.



Figura 10: Fondo del Valle del Chota en La Concepción-Mira. Se reconocen a grandes rasgos 5 posiciones relieve-suelo. En el centro (3) se encuentra la Finca Experimental Alonso Tadeo de la UPEC. La intensidad del uso y la presión social y económica (deforestación y quemas) han puesto en riesgo de extinción los ecosistemas y especies autóctonas de la zona, aún existentes en relictos, especialmente en las posiciones 1 a 3.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>



Figura 11: suelos areno francosos sobre cangahua en posición 3. La producción de cultivos limpios, posible con riego y fertilización orgánica, podría mejorarse utilizando sistemas agroforestales con árboles y arbustos leguminosos.

Las figuras 12 y 13 muestran un bosque de Espino, denso, con más de 20 especies de arbustos, lianas y hierbas (Franco y Peñafiel 2015), en posición de geosinclinal entre colinas (posición 3), lo que favorece el balance hídrico local, a una altitud de 1.400 m en La Concepción-Mira. El perfil presenta varios horizontes endurecidos, con características de A1 fósil, indicativos de la dinámica de deposición de material eólico y coluvio-aluvial local. En estos suelos, la cubierta de arena fina y media, sobre la cangahua, hace posible el cultivo con riego. Sin embargo, sería recomendable no deforestar los pocos fragmentos de bosque remanentes y aprovechar los árboles de espino y otras leguminosas para establecer un sistema agroforestal con los árboles como protección contra los vientos, proveedores de sombra y en función de nitrificación permanente. En áreas ya deforestadas el sistema a ensayar colocaría los cultivos transitorios en franjas de 10 – 15 m de ancho entre hileras de Espinos y otras leguminosas arbóreas (acacia negra y guarango) y arbustivas (frijol guandul).

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>



Figuras 12 y 13: ecosistema xerofítico en peligro de extinción, dominado por Espino (*Acacia macrantha*), cactáceas y unas 20 especies de arbustos y hierbas, en geosinclinal entre colinas. Suelo con estrato eólico arenoso (0-50 cm), ligeramente ácido, bajo contenido de humus y reducida fertilidad, sobre tres horizontes (paleosuelos) endurecidos, de pH alcalino, ricos en carbonatos, devenidos en cangahua, limitando la percolación. Nótese la horizontalización de las raíces en el primer horizonte.

Es necesario realizar investigación agrícola para desarrollar sistemas de producción sostenible en las difíciles y complejas condiciones de aridez en suelos de cangahua en las vertientes del Valle del Chota. Pues, aun cuando algunas propiedades físico-químicas son favorables para su incorporación a la agricultura (en general, 15 a 50 % de arcilla, 35 a 70 % de arcilla + limo fino, capacidad de intercambio >15 me/100g de suelo, alto contenido de Ca, Mg y K intercambiables), esta se ve limitada por el bajo contenido de materia orgánica, de nitrógeno y de fósforo asimilable, y en algunas áreas por excesiva alcalinidad. En las memorias del III simposio sobre suelos volcánicos endurecidos (Zebrowsky et al 1996) se incluyen varios trabajos sobre el impacto de la erosión y resultados de experimentos en mejoramiento y uso agrícola de estos suelos en Méjico, Colombia, Ecuador y Chile, entre otros.

Otro riesgo derivado del desarrollo agrícola actual es el creciente uso de tecnologías e insumos, sin adecuada capacitación. En Carchi el 88% de las unidades de producción agropecuaria utiliza plaguicidas (INEC, 2012), observándose un gradiente regional hacia Imbabura (57%), Esmeraldas (47%) y Sucumbíos (44%), que es indicativo del tipo de agricultura prevaleciente, los rubros, y los condicionamientos tecnológicos impuestos por los mismos. En las tierras altas la papa y las hortalizas de clima frío han impuesto un modelo de altos costos y alto impacto ecológico, que

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

no es necesario en las tierras bajas, por ejemplo, para la producción de yuca y frutas tropicales. Una cifra indicativa del manejo inadecuado de los plaguicidas son los casi 6.000 casos de intoxicación reportados en el periodo 2011-2012 en la Zona de Planificación 1 (MSP, 2013).

En evaluaciones realizadas en cultivo de papa en Huaca, sin riego y sin análisis químico previo de los suelos, el productor reportó haber aplicado 18 fumigaciones y tres fertilizaciones en el ciclo productivo de 24 semanas desde Abril a Septiembre 2015, indicando que la irregularidad observada en las lluvias (ocurrencia de periodos secos) obligaba a un mayor uso de agroquímicos (Quintero 2015). Por otra parte, es común encontrar en los análisis de suelos cantidades excesivas de nutrientes, particularmente de P (entre 20 y 100 ppm). Peña ha encontrado en muestras de agua en varios sitios del río Huaca Fosforo (PO₄) entre 0,62 y 1,26 mg/L (máximo permitido para agua potable 0,10). Esta forma de hacer agricultura requerirá de mucho esfuerzo para inducir los cambios necesarios. Más aun para avanzar en formas de producción orgánica; ello constituye un reto de grandes dimensiones, pero también una oportunidad abordable a través de la capacitación, especialmente de las jóvenes generaciones de técnicos y productores.

Esta problemática no es nueva ni es exclusiva del Carchi y Ecuador. En los informes anuales y en reportes técnicos de organismos internacionales como el IICA, la FAO y el CIP, se ha venido alertando desde hace décadas sobre la precariedad de las prácticas agropecuarias prevalecientes, tanto en Ecuador como en la mayoría de los países de América Latina, especialmente en los del área tropical. Asimismo, de la creciente dificultad de elevar los rendimientos, detener la destrucción de ecosistemas y la extinción de especies vegetales y animales, y la degradación de cuencas y recursos hídricos. En síntesis, se ha venido alertando de la poca sustentabilidad del desarrollo agropecuario.

El difícil futuro que se avizoraba desde hace décadas, ya es presente: la crisis ambiental por el calentamiento global, en lo cual incide la tala y quema de los bosques para expansión agropecuaria y la emisión de gases de efecto invernadero de la agricultura, los reportes de extinción de ecosistemas y especies y de contaminación de ríos, lagos y océanos, son razones suficientes e irrefutables para acometer los cambios y las transformaciones necesarias en función de la sostenibilidad, ya no solo de la productividad y mejores niveles de bienestar colectivo, sino aun de la civilización humana y la vida en el planeta. Adicionalmente, existen imperativos humanitarios para mejorar la productividad. La FAO, en su 70 aniversario (FAO 2015) afirma: “A pesar de los importantes avances realizados en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio sobre la pobreza y el hambre, casi mil millones de personas aún viven en situación de extrema pobreza (menos de 1,25 dólares por persona al día) y 795 millones siguen sufriendo hambre crónica. Habrá que hacer mucho más para alcanzar los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible sobre la erradicación de la pobreza y el hambre para el año 2030. La mayor parte de las poblaciones

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

en situación de extrema pobreza vive en zonas rurales de países en desarrollo y depende de la agricultura para su subsistencia.”

Conclusiones y Recomendaciones

Alternativas y Viabilidad de la Innovación Agroproductiva en Carchi

Contexto general

Desde la llamada *revolución verde* de los años 70's y 80's, cuando se generaron paquetes tecnológicos con altos rendimientos en los cultivos en base al uso de semillas mejoradas, agroquímicos y maquinaria, se han logrado grandes avances en los conocimientos en biología, genética, química y física, gracias al salto cuántico en las telecomunicaciones, la computación y los equipos y técnicas de laboratorio en las últimas décadas. La biotecnología y la genética han logrado descifrar el genoma humano y de plantas y animales, y ha encontrado vías más expeditas para el mejoramiento de cultivos que antes exigía años de esfuerzos. La microbiología ha abierto las puertas a una revolución en la agricultura que apenas se inicia, basada en el empleo de micorrizas y microorganismos benéficos para mejorar la nutrición de las plantas y su productividad y controlar la incidencia de plagas y enfermedades. La agricultura de precisión y las técnicas de mínima labranza están permitiendo reducir enormemente los costos y el impacto ambiental. Asimismo, los modernos sistemas de riego, que incorporan la automatización según la humedad del suelo y las necesidades reales del cultivo e incorporan dosificación del agua mediante microaspersión, goteo o nebulización, permiten reducir enormemente los volúmenes de agua aplicados a los cultivos por los sistemas convencionales de aspersión aérea o riego por gravedad. El avance en las herramientas de teledetección (imágenes satelitarias, rayos láser, cámaras aerofotográficas y Drones) permite cubrir en detalle grandes extensiones a relativo bajo costo, con lo cual se ha posibilitado la cartografía dinámica y el control en las zonas cultivadas.

El conocimiento del clima, los suelos y los cultivos tradicionales y la valoración de la biodiversidad local (agrícola y silvestre) sigue siendo la base para nuevos emprendimientos. El reconocimiento de los suelos y los procesos inherentes en relación a la dinámica hídrica y biológica, química y física, y su sistematización en sistemas de clasificación interpretativa, para luego proceder con su cartografía, constituye la plataforma para implementar políticas de ordenamiento, uso de las tierras y transformación de las formas de producción. Curiosamente, las culturas ancestrales practicaban métodos de cultivo que pudieran ser adaptados a las condiciones actuales y ser eficientes: cultivos en andenes, en curvas de nivel, zanjas de absorción, cultivos combinados y en rotación, cultivos de sombra y abonos verdes, aplicación de estiércol y compostaje de residuos orgánicos, labranza mínima, barreras vivas y cortinas rompevientos, barreras de piedra y sistemas agroforestales. Debería ser posible en muchos predios andinos implementar combinaciones de

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

estas prácticas agrícolas de efectos conservacionistas comprobados, junto con técnicas modernas de ordenación y manejo de suelos y cultivos. Es el reto de la agricultura del presente y el futuro.

Así como sería mucho más eficiente que cada vivienda, o comunidad, generara su propia energía mediante paneles solares o turbinas eólicas, también lo sería que cada ciudad estuviera rodeada de “casas de cultivo” para generar los vegetales y las proteínas requeridas para alimentar a su población. La producción de alimentos en ambientes controlados y en biodigestores formará parte de las herramientas agroproductivas del futuro. En ese contexto, Carchi tiene en su clima frío y húmedo una fortaleza aun por explotar, por ejemplo, mediante invernaderos y mediante “casas de frío” para la fabricación, maduración y almacenamiento de alimentos en conserva a bajo costo.

El ensayo y la experimentación proveen los resultados que permite extrapolar la innovación a las fincas en superficies significativas. La experiencia de los países desarrollados ha demostrado que los cambios solo son posibles mediante políticas de capacitación y estímulo al sector productivo. Y finalmente, el establecimiento y mantenimiento de sistemas de comercialización justos y seguros son condición ineludible para garantizar la sostenibilidad del esfuerzo productivo. Como puede constatar, el camino hacia el éxito es largo, difícil y complejo.

Precisamente debido a ello es necesario internalizar una realidad irrefutable: la eficiente aplicación de los avances tecnológicos en pro de una agricultura sostenible requiere organización, equipo y sinergias de colaboración. La especie humana ha evolucionado en sus capacidades por el desarrollo de la inteligencia colectiva, la que ha llegado a catalogarse como *sin límites*. Ninguna persona u organización puede, por si sola, enfrentar con éxito los retos del presente y el futuro, ni mucho menos disponer e invertir recursos eficientemente en búsqueda de soluciones. Allí juega un rol fundamental *el arte de la política* bien entendida y en su correcta acepción. De igual forma, la aplicación práctica y cotidiana en las organizaciones de *la inteligencia emocional*. En todo el mundo, muchos procesos, que todos entienden como necesarios y urgentes, se paralizan o frustran por ausencia de mecanismos de entendimiento. Una de las claves fundamentales de las sociedades que han logrado niveles superiores de bienestar y progreso ha sido la creación y vigencia de una conciencia colectiva de entendimiento para el esfuerzo mancomunado, pese a las naturales diferencias de criterio y de opinión.

En los sistemas agroproductivos altoandinos del Carchi, como se entiende del proceso histórico de evolución a los largo de más de medio siglo, los cambios han sido impulsados por estímulos de impacto económico, como la construcción de una vía, la introducción de una nueva y más productiva raza bovina, un sistema de producción eficiente para un producto nuevo pero con mercado garantizado, como las rosas o el aceite de aguacate, o la instalación de una industria integrada a la producción primaria, como la de lácteos. Ello ha sido posible gracias a la visión compartida de numerosas instituciones y personas.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

De tal forma, que, habiéndose desarrollado, por ejemplo, un sistema de reconocimiento de los suelos degradados, cabe preguntarse: ¿Cómo lograr que cada finca disponga de la cartografía correspondiente y, más aún, se proceda a implementar los cambios necesarios en las formas de producción para revertir los procesos de degradación? MINPRO (2012) establece que “Lo fundamental es transformar la manera como se produce. Esto involucra importantes niveles de inversión focalizada y la implementación de un proceso de innovación tecnológica a todo nivel”. Igualmente acota como meta: “Implementar un sistema en el que se innove en todas las fases posibles del proceso productivo. Es indispensable aliarse con quienes se dedican a la investigación y el desarrollo de tecnología, para aprovechar su conocimiento; se debe aprovechar al máximo esta asistencia técnica sobre todo de las entidades que se dedican al desarrollo y a la investigación locales. Por otro lado, gestionar para que intervengan inversionistas quienes estén dispuestos a arriesgar su capital, además de conseguir cofinanciamiento para la innovación. Hay que poner mucha atención en dinamizar aquellos sectores que utilizan muchísimo la tecnología y propender para que todos los productores tengan acceso a esos conocimientos y los puedan poner en práctica”. Y añade: “El esquema de la innovación tiene que necesariamente estar unido a la educación, la capacitación técnica y el emprendimiento”. Indudablemente, una visión que debe ser compartida por todos.

La Universidad y los Institutos de Investigación disponen de los conocimientos científicos y desarrollan los métodos en base a la experimentación, pero son necesarias políticas de estímulo con impacto económico, a través del Estado y de las empresas interesadas en la producción (cadena productiva), a los fines de impulsar los cambios. Los sistemas de enfriamiento de la leche en zonas rurales se han posibilitado gracias al financiamiento de la industria láctea o el Estado. El tratamiento previo a la descarga de aguas servidas a los cursos de agua, esta dispuesto en leyes y resoluciones, cuyo cumplimiento solo será posible mediante acuerdos e inversiones entre el gobierno nacional, regional y local con las comunidades. Imponer el cumplimiento de la ley y estimular los buenos resultados con incentivos económicos resulta siempre en la mejor educación ambiental.

La comunidad internacional, a través de acuerdos y organismos mundiales, está diseñando continuamente políticas para grandes inversiones en relación a la lucha contra la pobreza, la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad. A nivel nacional se requiere de una sinergia de cooperación institucional y comunitaria para formular proyectos con oportunidad de acceso a esos recursos. Las Instituciones Universitarias son las llamadas a liderar estas iniciativas, para lo cual deben crear los mecanismos propios y los nexos extramuros correspondientes.

4.1.2. Bases conceptuales y Herramientas para la Innovación Agroproductiva en el Carchi

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Como ya se ha dicho, los recursos básicos para la innovación son los conocimientos sobre el clima, los suelos, el germoplasma agroproductivo y complementario, y la cultura, capacitación, experiencia e interés de los agricultores. La energía proviene de las expectativas de beneficios justos y seguros. A ello se suman los aportes de la ciencia y la tecnología, responsabilidad del Estado y, particularmente de las instituciones científicas. Un primer elemento es la disponibilidad de laboratorios: a) De fitopatología y biotecnología para la investigación sobre microorganismos patógenos y beneficiosos, y para la generación de germoplasma mejorado; b) De química y física de suelos para la investigación y diagnóstico sobre las condiciones de los suelos y las aguas. Para viabilizar la cartografía detallada de los suelos y los procesos de planificación, uso, producción y control de la degradación es necesario un Sistema de Información Geográfica (SIG), capaz de procesar imágenes satelitarias y obtener y procesar imágenes locales (Drones) (Ver Elika, 2015). Estas herramientas apoyarían igualmente a la formación de recursos humanos a nivel de pre y postgrado.

Un segundo componente es precisamente la capacitación mediante la creación de estudios de postgrado focalizados a la innovación y el desarrollo agroproductivo, con criterio de sostenibilidad. La UPEC en Tulcan, Carchi, puede convertirse en un centro de generación de innovación en sistemas de producción altoandinos para los Andes Tropicales de América Latina, atrayendo a profesores de alto nivel y estudiantes de procedencia nacional e internacional, mediante un Centro de Postgrado e Innovación Agroproductiva Andina, impartiendo el denominado *Magister Andino*. Esta propuesta puede viabilizarse mediante un consorcio de universidades andinas de los países de Los Andes Tropicales. Cuya meta sería impulsar el desarrollo local sostenible mediante la innovación. La base de los estudios propuestos es la fusión de disciplinas de las ciencias sociales y las ciencias naturales, y la vinculación de las tesis de grado y la docencia y la investigación a proyectos de desarrollo local comunitario (Propuesta del Postgrado Andino Internacional, Franco 2015).

Un tercer componente es la efectiva vinculación entre la institucionalidad científica (UPEC, INIAP y otras del conglomerado Yachay), en sinergia con los gobiernos locales y regionales y los productores organizados. La mancomunidad entre los sectores científicos, el Estado y el sector privado ha sido la clave del desarrollo vertiginoso y reciente de muchos países y regiones. Tal vinculación hace factible el diseño y la implementación efectiva de políticas de desarrollo para el logro de metas concretas. Una aplicación inmediata mediante la cooperación descrita sería, por ejemplo, la ejecución de un programa regional de biodigestores y compostaje a nivel de fincas lecheras, con sus beneficios para la calidad ambiental y el impulso a la producción orgánica. En regiones lecheras de países como Colombia, Venezuela y Costa Rica la mancomunidad de la industria privada (lácteos), con los productores y el Estado ha permitido avances significativos en corto tiempo.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

En el proceso de implantación de sistemas agroproductivos, adecuados para los suelos en proceso de degradación, es imprescindible la experimentación en sistemas agroforestales y prácticas de conservación ancestrales. En este contexto, es conveniente analizar la factibilidad de implantar una política de incentivos ambientales, por ejemplo, el bono ambiental por hectárea de suelo restaurado y/o bosque establecido o protegido en las fincas. Y es que el árbol y el bosque han sido en la evolución histórica de la agricultura un “estorbo” que debe ser eliminado. Proponer sistemas productivos que incluyen al árbol como componente esencial de beneficios múltiples (sostén de los suelos en pendientes, fijador de Nitrógeno, controlador de la evapotranspiración como sombra y cortina rompevientos, generador de madera y frutos, y alimento y protección a la fauna) exige el poder de convencimiento que solo ofrece la experimentación al crear modelos visibles a todos. Se trata de reaprender a producir alimentos sin destruir las oportunidades de los futuros agricultores.

La Agroforestería y Los Sistemas Agroforestales

La Agroforestería es el uso múltiple de la tierra, en el que se combina en un mismo espacio, al mismo tiempo o secuencialmente, la plantación de árboles, arbustos e hierbas, con cultivos agrícolas y/o pastos o forrajes. Las tierras de suelos muy evolucionados y pobres en fertilidad en zonas tropicales han sido usadas, tradicionalmente por las culturas ancestrales, bajo sistemas agroforestales, tanto para evitar la erosión como para prolongar los niveles de productividad y, al agotarse, recuperarlos mediante fases de barbecho; es común que una fase de producción intensiva de cultivos transitorios (yuca, plátano, ají, etc.) de hasta 3-4 años, sea seguida por una fase de recuperación en barbecho de 15 a 25 años, donde se plantan frutales y se acude para la caza. Es el caso de los sistemas de conucos indígenas en la Amazonia y el sistema “Taungya” o “*shifting cultivation*” de las áreas tropicales húmedas del Sureste asiático y del África. Del mismo modo, las tierras de topografía abrupta en ciertas áreas de los Andes Tropicales han mantenido una producción sostenible por siglos mediante cafetales bajo sombra, un eficiente sistema agroforestal; lo mismo puede afirmarse de los cacaotales de zonas cálidas en numerosos países de América Latina y África tropical existentes desde hace cientos de años.

Los sistemas agroforestales ofrecen numerosas ventajas: a) La diversificación de la producción en el tiempo y el espacio; b) La instauración del reciclaje de materia orgánica y nutrientes en el sistema productivo, manteniendo la productividad del suelo; c) Mayor protección frente a plagas y enfermedades; y, d) Máxima conservación del agua y la fertilidad natural de los suelos, al reducir la evaporación por radiación y vientos, y fomentar el equilibrio de la vida microbiana en los suelos.

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles permiten y exigen el uso de la imaginación, los conocimientos y la experiencia de técnicos y agricultores sobre las plantas, los suelos y los animales. No existe aún mucha experiencia en sistemas agroforestales altoandinos, por ello no debe

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

haber límites en la fase de experimentación hasta encontrar modelos productivos y adecuados al medio local, con las combinaciones de especies vegetales y formas de producción que garanticen la mayor eficiencia en el logro de los múltiples objetivos de producción y conservación ambiental. La experiencia ya citada en la finca La Paz en el cantón Bolívar, puede considerarse un sistema integrado de reciclaje de nutrientes entre los componentes animales y vegetales, conformado por cultivos y árboles nitrificadores en cortinas rompevientos, es decir, un Sistema combinado tendiente a producción orgánica con un alto nivel de sostenibilidad demostrado por tres décadas. Un ensayo a 3.050 m de altitud fue realizado por Ramos et al (2002), quienes evaluaron el rendimiento y comportamiento agronómico de tres especies de pastos, alfalfa (*Medicago sativa*L.), ray grass inglés (*Lolium perenne*L.) y mezcla forrajera (*Lolium perenne* L. + *Trifolium repens* L.) en Sistemas Agroforestales, y los cambios en la fertilidad del suelo. Los resultados arrojaron bajos rendimientos para alfalfa y muy satisfactorios para ray grass, no mostraron competencia por agua y nutrientes entre los diversos componentes del sistema (forrajes y árboles). Rojas e Infante (1994) hacen una revisión sobre los conceptos, métodos y especies (arbóreas, cultivos y animales) relacionados con la Agroforestería. En Caquetá (Colombia) se ha acumulado una vasta experiencia en sistemas agroforestales a través de un convenio institucional y con la activa participación de la comunidad (Minambiente et al 1998). La FAO, la OIMT, CIFOR y el CATIE son organizaciones internacionales con una vasta experiencia en sistemas agroforestales en el mundo tropical, que debe ser incorporada en programas y proyectos dirigidos al mejoramiento de la sustentabilidad de sistemas agroproductivos.

Propuestas

La Tabla 2 ofrece una síntesis sobre los usos actuales de la tierra en el Carchi: bajo uso productivo (cultivos y pastizales) se encuentra el 41% de la superficie, con un complemento esencial de 37% con carácter protector, constituyendo ambos el fundamento de la sostenibilidad del desarrollo. Por otra parte, el 18% son tierras improductivas (herbazales naturales), coincidiendo con la superficie dedicada a cultivos, siendo mayormente suelos con limitaciones por cangahua y rocosidad, erosión extrema, pendientes inaccesibles y mal drenaje. Los lineamientos de política en materia de innovación (investigación y desarrollo, capacitación e inversión de capital) para la sostenibilidad deben considerar tanto la distribución de las tierras según el uso, como la calidad y eficiencia de dichos usos; todo ello en función de enfrentar retos de enorme complejidad y dimensión, como son: a) El crecimiento demográfico y las exigencias nacionales y regionales de crecimiento económico, b) La obligada previsión frente a las amenazas del Cambio Climático, y c) La necesidad de detener la degradación de los suelos productivos, rescatar las áreas improductivas, garantizar la protección de la superficie captadora de agua y protectora de la biodiversidad e instaurar un programa de restauración ambiental para detener la contaminación de los cursos de agua.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

En ese contexto, es necesario emprender acciones para asegurar:

1. La protección continua de las aguas y la biodiversidad, mediante la aplicación de las leyes, políticas de incentivos y la educación ambientales, con efectividad a nivel de comunidades.
2. Crear reservorios de agua (sistema de represamiento y canalización) en cuencas altas, eliminar las fuentes de contaminación de las aguas y desarrollar sistemas de riego eficientes.
3. Experimentar y desarrollar sistemas agrícolas y pecuarios menos degradantes, innovar para la diversificación de la producción y generar nuevas tecnologías fundamentadas en la biotecnología, la genética y la microbiología aplicadas a la agricultura, integradas a técnicas ancestrales de producción adaptadas a las realidades actuales.

Ello es primeramente competencia del Estado a través de varios Ministerios y de los gobiernos provincial, municipal y parroquial. Podría considerarse la creación de una entidad oficial con capacidad y competencias para integrar los esfuerzos y recursos del sector público y privado en función de las metas del Desarrollo Sostenible altoandino. En Venezuela las Corporaciones de Desarrollo Regional jugaron un rol muy positivo en las décadas de los 60's a los 90's. Cabe mencionar la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), la Corporación de Los Andes (CORPOANDES) y otras de ámbito regional. En Colombia CORPOICA ha contribuido a integrar al Estado y al sector agrícola privado en numerosas iniciativas exitosas a lo largo de varias décadas.

En el marco de las competencias y alcances de la UPEC, se propone:

- a. Crear un Grupo de Investigación en Innovación en Sistemas Agroproductivos Altoandinos.
- b. Desarrollar Áreas de Experimentación en las fincas universitarias y en fincas de productores asociados a sus programas de investigación y desarrollo.
- c. Incluir en su portafolio de Investigación y Desarrollo, proyectos en los campos de conservación y mejoramiento de suelos y aguas, y en innovación para la producción agropecuaria, incluyendo los Sistemas Agroforestales.
- d. Completar el desarrollo de sus laboratorios de alimentos y de suelos y aguas, así como de biotecnología y microbiología y crear su propio Sistema de Información Geográfica en colaboración con el Instituto Espacial Ecuatoriano.
- e. Establecer un Centro Internacional de Postgrado e Innovación para el Desarrollo Altoandino, cuyo modelo pudiera ser el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica, el que se convirtió en el “think tank” del desarrollo agroproductivo y ambiental en Costa Rica y Centroamérica y centro de referencia mundial desde los 70's. Su área de trabajo pudiera ir mucho más allá de Carchi y Nariño, y constituirse en plataforma de confluencia de las instituciones científicas de los Andes

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Tropicales, y de los mejores talentos en temas altoandinos relacionados con el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático.

- f. Establecer como política institucional la inserción de los temas de innovación agroproductiva, sostenibilidad, conservación ambiental y mitigación del cambio climático en todas las actividades académicas de la UPEC (Docencia, Investigación y Vinculación).
- g. Crear y apoyar un Grupo de Trabajo (docentes, estudiantes y empleados) orientado hacia la formulación y ejecución de un programa permanente de Educación Ambiental intra y extramuros, utilizando los medios de difusión existentes en la propia UPEC, Tulcán y otras localidades del Carchi.

Áreas de Experimentación y Desarrollo en Sistemas Agroforestales

Esta propuesta está dirigida principalmente a los ambientes climático-edáficos correspondientes a ciertas áreas de los cantones Tulcán, Huaca, Mira y Bolívar, donde existen, por una parte, suelos severamente degradados, o en riesgo de degradación, por altas pendientes y sobreutilización (casos de Tulcán y Huaca) y, por la otra, suelos de muy difícil manejo por las condiciones de aridez y alta concentración de bases (pH sobre 8), sometidos además, a alto riesgo de erosión por su pendiente, su textura arenosa gruesa o fina, y su estructura de grano suelto (caso de Mira). Adicionalmente, se propone un programa de investigaciones en sistemas agroproductivos alternativos como la finca La Paz en el cantón Bolívar y granjas de producción orgánica, para lo cual es necesario hacer las coordinaciones correspondientes.

La Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC) dispone de dos fincas con fines experimentales y de producción, una en el cantón Huaca (finca San Francisco, 45 ha) y otra en La Concepción, cantón Mira (finca Alonso Tadeo, 32 ha); a ello se suman fincas de productores de la Parroquia El Carmelo (Tulcán) y Tufiño. Estas fincas están siendo objeto de estudios y ensayos y deben servir para orientar el desarrollo agropecuario sostenible de sus áreas de influencia, por lo que se proponen como sitios de experimentación y desarrollo de sistemas agroforestales altoandinos. En estos sitios se han realizado y se realizan actualmente estudios de suelos y vegetación, y de ensayos en sistemas agroforestales (Peña, 2010; Franco et al, 2015; Franco y Peñafiel, 2015; Herrera, 2015; Benavides, 2015).

Tal como descrito arriba, el accionar de la agricultura desde la primera mitad del siglo XX, ha dejado consecuencias visibles y notorias en los suelos y las aguas. La relativamente lenta pero progresiva degradación física, química y biológica (fitosanitaria) de los suelos, ha impulsado el incremento en el uso de agroquímicos en busca de mantener los niveles de cosecha, con la consiguiente elevación de los costos de producción y la contaminación de los suelos, el aire y las aguas, y el desmejoramiento de la calidad de los productos, todo lo cual incide en la calidad ambiental y la salud humana y animal.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

En ese contexto agroproductivo y ecológico-ambiental se proponen acciones dirigidas a inducir cambios y transformaciones importantes en las formas de producción agropecuaria. Esos cambios incluyen desde la introducción de modelos agroforestales y silvopastoriles, con nuevos rubros que refuercen los tradicionales, y nuevos métodos de cultivo que reduzcan el impacto a los suelos, a las aguas y al ambiente, y contribuyan con la conservación de las capacidades productivas de las tierras.

Características de los Suelos y Sistemas Agroforestales propuestos para Huaca y El Carmelo-Tulcán

A. Suelos y Topografía: Se trata de suelos Melanudands y Hapludands (Andisoles), desarrollados bajo clima húmedo y frío y vegetación de selva nublada, de relieve ondulado con pendientes sobre 20%, donde el horizonte A1 (Ap) ha sido reducido a menos de la mitad de su profundidad, el contenido de materia orgánica a menos de un tercio y se ha producido la mezcla del lapilli arenoso grueso subyacente con el A1 (figuras 5 y 6). La degradación por sobreutilización ha inutilizado estos suelos para la producción agrícola rentable. Al comparar el perfil denominado por Franco et al (2015) “perfil modal” con perfiles vecinos, se puede detectar el grado de avance de la degradación por los factores ya mencionados.

B. Especies Vegetales y Modelos Agroforestales: En una fase introductoria se proponen algunas especies de árboles, arbustos y hierbas, y modelos de sistemas agroforestales, a los fines de su experimentación. A medida que avancen los proyectos podrán irse modificando mediante la adición de nuevas especies y combinaciones en el tiempo y el espacio.

Especies arbóreas: Aliso (*Alnus jorulensis*), Acacia negra (*Acacia melanoxylum*). Función: sostenimiento de los suelos para evitar la erosión, fijación de Nitrógeno en el suelo y aportes de materia orgánica y nutrientes a través del follaje y raíces; y, finalmente, cortina rompevientos.

Especies arbustivas: Tomate de árbol, Chocho, Uvilla, Chilacuán. Función productora y de mejoramiento de los suelos.

Pastizales y herbáceas leguminosas: De preferencia pastos de corte, perennes, como el reisgrass, pasto azul y tetrablend combinación de especies forrajeras); entre las especies leguminosas herbáceas trébol y lotus. Función productora y de mejoramiento de suelos.

Modelo Agroforestal: a) Los árboles se plantan a 3 x 3 m en doble línea (al tresbolillo), siguiendo la curva de nivel y separadas las líneas por franjas de 10-12 metros, manteniendo o intercalando especies en las líneas; b) Los arbustos se colocan en hileras en curvas de nivel a 2 x 2 m en las franjas de 10-12 m de ancho entre hileras de árboles; c) La mezcla de leguminosas herbáceas llena los espacios entre árboles y arbustos.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

Modelo Silvo-pastoril: reisgrass, kikuyo u otro pasto y las leguminosas lotus y trébol llena los espacios entre árboles (franjas de 10-12 m). Puede tener dos variantes: pasto de corte o pastoreo del ganado, en cuyo caso deben cercarse las hileras de árboles.

1.1.1. Características de los Suelos y Sistemas Agroforestales propuestos para La Concepción-Mira

A. Suelos y Topografía: Se trata de suelos Durandepts (Inceptisoles) sobre Cangahua, desarrollados bajo clima árido y bosque xerofítico, de relieve ondulado con pendientes de 5 a 30%, Ap (A1) fuertemente alterado, arenoso, pobre en materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico y pH ligera a fuertemente alcalino. La muy baja capacidad de retención de humedad del suelo superficial y la alta evapotranspiración potencial por la radiación y los vientos hacen muy complejo el proceso productivo, que depende del riego constante y la fertilización.

B. Especies Vegetales y Modelos Agroforestales:

Especies arbóreas: Acacia negra (*Acacia meganoxylum*), Espino (*Acacia macrantha*) y Guarango (*Acacia sp.*). Función: sostenimiento de los suelos para evitar la erosión, fijación de Nitrógeno en el suelo y aportes de materia orgánica y nutrientes a través del follaje y raíces; cortina rompivientos y sombra para el café y reducción de la evaporación del suelo.

Especies arbustivas: Café (*Cafe arabiga*), Yuca (*Manihot esculenta*), Frijol (*Phaseus vulgaris*), leguminosa arbustiva local (*Mimosa sp.*): función productiva y mejoradora de los suelos.

Especies de los géneros Agave y Fulcra, adaptadas a climas xéricos y suelos degradados: cabuya, pencos y piña. Función productora y sostenedora del suelo.

Tratamiento Previo del Suelo: En suelos severamente degradados se abrirán surcos en curvas de nivel y se aplicara compost en cada sitio de plantación de arbolitos y arbustos. Ello servirá a los fines de captar y retener humedad y suplir nutrientes a las plantas en la fase inicial.

Manejo y Control: Se llevará un control mensual de sobrevivencia y crecimiento de las plantas, mediante parcelas permanentes. En el caso de La Concepción se aplicará riego interdiario el primer mes, luego cada dos días, en caso de no lluvia. Cada tres meses se hará control de malezas.

Referencias Bibliográficas

AME. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas: <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/74-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-carchi>. Visita 01.08.2015.

Balarezo, L. 2015a. Caracterización fisicoquímica de suelos bajo pastos y/o forrajes en el Periodo LLuvioso (pll) y poco lluviosa (ppll), en la Hacienda “La Concepción”, Parroquia- Tufiño,

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

- Carchi. Artículo en preparación. Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcan.
- Balarezo, L. 2015b. Estrategia de Suplementación Estratégica y Mineral para Mejorar el Estado Metabólico y la Reproducción de las Vacas Holstein en la provincia del Carchi, Ecuador. Docente UPEC, Tesis doctoral en curso en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba.
- Benavides, H. y S. Gómez. 2002. Plan de Manejo de la Finca San Vicente, ubicada en las Microcuencas Chingual y Frontales de la Provincia del Carchi. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra. 159 p.
- Benavides, H. 2015. Proyecto tesis de doctorado (investigación en curso). Docente UPEC, Tesis doctoral en curso en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba.
- Comisión Europea - Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos-PNUD-Universidad Técnica del Norte (UTN). 2013. Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal, Perfil Territorial Cantón San Pedro De Huaca. 108 p. www.sngr.gob.ec.
- 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, Septiembre 2002.
- Coronel, R. 1991. El Valle Sangriento. De los indígenas de la Coca y el Algodón a la Hacienda Cañera jesuita: 1580-1700. Abya-Yala. Quito, 1991.
- Crissman C., D. Yanggen y P. Espinoza. 2002. Los Plaguicidas. Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ediciones Abya-Yala, Quito.
- Cuitiño, M.J. 2010. Variedades criollas de Lotus corniculatus L. multiplicadas por productores, rendimiento de semilla y componentes que lo determinan. Revista INIA (Uruguay), Diciembre 2010.
- Custode, E., G. De Noni, G. Trujillo y M. Viennot. 1992. La Cangahua en Ecuador: Caracterización Morfo-edafológica y Comportamiento frente a la Erosión. Terra: Volumen 10 (número especial dedicado a los suelos volcánicos endurecidos).
- Elika (2015). Fundación Vasca para Seguridad Agroalimentaria. Drones y su Uso en la Agricultura. <http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo1388/Berezi%2035%20drones%20y%20sus%20usos%20en%20agricultura.pdf>. Visitado 10 Octubre 2015.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

- FAO. 2009. Guía para la Descripción de Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 99 p.
- FAO (2015). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2015 (SOFA): La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural. Economic and Social Development Department. FAO. Roma, 165 p.
- Franco, W. J. Peña, J. Rosero y Oscar Quintero. 2015. Clasificación Interpretativa de Suelos en Tierras bajo cultivo de Papa y Pastizales en el Valle Interandino Norte, Carchi. Memorias VI Congreso Nacional de la Papa. Ibarra, Julio 2015.
- Franco, W. y M. Peñafiel, 2015. Los suelos y la diversidad vegetal silvestre y cultivada en áreas bajo intenso uso agropecuario en Huaca, Carchi, norte del Ecuador. (En preparación).
- Franco, W., J. Rosero y O. Quintero. 2015. Evaluación de Suelos y Cultivos en fincas de los cantones de Huaca y Tulcan. (En preparación).
- Franco, W. 2015. Propuesta de Creación del Magister Andino como Consorcio de Universidades Andinas. Documento mimeografiado. UPEC. Tulcan. 25 p.
- Hall M. & P. Mothes. 1996. El origen y la edad de la Cangahua superior, valle de Tumbaco (Ecuador). In: C. Zebrosky, Paul Quantin y G. Trujillo (editores)
- Suelos Volcánicos Endurecidos. III Simposio Internacional. Quito, 1996. MAG, ORSTOM, UE.
- Hall M. & P. Mothes. 1998. La Actividad Volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral: Impedimentos al Desarrollo de Civilizaciones Pasadas. In: Mothes (Ed.): La Actividad Volcánica y Pueblos Precolombinos en el Ecuador. Ediciones ABYA YALA, Quito. 204 pp.
- Herrera, D. 2015. Evaluación de coberturas vegetales en el cultivo de Uvilla. Docente UPEC, tesis de magister en curso en la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Quito.
- IGM. 1978. Mapa Ecológico del Ecuador. Instituto Geográfico Militar. Quito. IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) 2013. www.institutoespacial.gob.ec. Visitado 05 Agosto 2015.
- INEC 2012. Encuesta sobre Uso de Agroquímicos y su Destino Final en la Agricultura. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wpcontent/descargas/Presentaciones/Plaguicidas.pdf>. Visitado el 10 de Julio 2015.
- Isacson J. & J. Zeidler. 1998. Accidental History: Volcanic Activity and the End of the Formative in Northwestern Ecuador. In: Mothes (Ed.): La Actividad Volcánica y Pueblos Precolombinos en el Ecuador. Ediciones ABYA YALA, Quito. 204 p.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

- Lopez, M. 2004. Agricultural and Settlement Frontiers in the Tropical Andes: The Paramo Belt of Northern Ecuador, 1960-1990. Regensburger Geographische Schriften Heft 37. Universitat Regensburg. Germany. 180 p.
- MAGAP (INEC-MAG-SICA). 2012. Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. III Censo Agropecuario Nacional. Nov. 2012. www.sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-provinciales. Visitado 02 Octubre 2015.
- Minambiente, OIMT y CEUDES. 1998. Sistemas Agroforestales. Publicación del Proyecto Recuperación de Ecosistemas Naturales en el Piedemonte Caquetño. Florencia, Caquetá-Colombia.
- MINPRO (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competividad). 2011. Agendas para la Transformación Productiva Territorial: Provincia de Carchi. <http://www.produccion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-CARCHI.pdf>. Visitado 09 de Octubre 2015.
- Mora, R. 2015. Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de microorganismos solubilizadores de fósforo, bioestimulantes comerciales y biol de producción local en la zona del Carchi, Ecuador. Docente UPEC Tesis doctoral en curso en Universidad Marta Abreu de Las Villas. Cuba.
- MSP. 2013. Manual de procedimientos del Subsistema alerta acción SIVE – ALERTA. Edición general: Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Ministerio de Salud Pública del Ecuador.
- Peña, J. 2010. Zonificación de la hacienda San Francisco y el aprendizaje de los estudiantes de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato. 164 p.
- Peña, J. 2015. Caracterización del sistema hidrográfico del río Huaca, su flora y su fauna y propuesta de un Modelo de Gestión. Tesis de magister en curso. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Quito.
- Quantin, P. 1996. Caracterización, génesis y geografía de los horizontes endurecidos de suelos volcánicos. In: C. Zebrosky, Paul Quantin y G. Trujillo (editores) Suelos Volcánicos Endurecidos. III Simposio Internacional. Quito, 1996. MAG, ORSTOM, UE.
- Quintero, O. 2015. Evaluación preliminar del Uso Productivo de los Suelos y su Relación con su Estado de Conservación en un Sector del Cantón Huaca, Carchi. Tesis de grado, Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. UPEC, Tulcan.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>

- Ramos, R.V., J. Córdova y C. Nieto. 2002. Comportamiento de tres especies forrajeras bajo sistemas agroforestales como alternativa de manejo sostenible de suelos de montaña. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Manabí, Septiembre 2002.
- Rojas, G. y A. Infante. 1994. Manual de Agroforestería. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela. 144 p.
- Usselman, P. (2010). Geodinámica y ocupación humana del litoral pacífico en el sur de Colombia y en el Ecuador desde el Holoceno (últimos 10 000 años). Bulletin l'institut Francais de Etudes Andines 30 (3) 2010: Pueblos y Culturas en el Ecuador Prehispánico.
- Vallejo, S. 2011. Distribución de las Cenizas Volcánicas Holocénicas – Tardías en las Costas del Ecuador. Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero-Geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Geología y Petróleo. Quito. 243 pp.

Como citar este artículo:

Franco, W. (Enero – Diciembre 2016). Propuestas para la innovación en los sistemas agroproductivos y el desarrollo sostenible del valle interandino en Carchi, Ecuador. *Tierra Infinita* (2), 49-87
<https://doi.org/10.32645/26028131.102>