

Producir logrando sinergias con la naturaleza

Produce achieving synergies with nature

Noemi Stadler-Kaulich

ECO-SAF, Cochabamba, Bolivia,

nstadlerkaulich@googlemail.com

Resumen:La producción agrícola convencional lleva una batalla eterna contra la naturaleza, logrando a mediano y largo plazo nada más que el deterioro del recurso suelo. Sobre todo en los valles andinos, por la degradación del suelo y el impacto del cambio climático, con tendencia al alza los resultados de las cosechas son precarias. Es tiempo de reconocer, que debe realizarse un cambio de paradigma, dejando atrás la agricultura extractiva que daña al medio ambiente para buscar la alianza con la naturaleza, con el fin de formar sinergias que permiten una producción sostenible.

Después de haber descrito los problemas sobresalientes de la producción convencional en las zonas semiáridas de la región andina, sobre todo la degradación del suelo, son enumerados posibles soluciones integrales. Entre estos es enfocada la agroforestería como un método de una producción diversificada y sostenible. Además, la técnica agroforestal es parte de una agricultura que apoya lograr la disminución de los efectos del cambio climático, llamado producción amable con el clima. A través de la agroforestería, no solamente se pueden solucionar diferentes problemas productivas, sino también asegurar los recursos naturales como el agua y el suelo fértil, además de crear un microclima agradable. Estos impactos ya fueron comprobados por los Incas hace unos 1.000 años, durante un anterior calentamiento en la región andina.

Palabras clave: agroforestería, adaptación al cambio climático, producción amable

Abstract:Conventional agriculture is in eternal struggle against nature with the only result being soil degradation. In the Andean valleys, soil degradation and climate change are the two causes that endanger the harvest. It is time to recognize the importance of a changing of paradigm, leaving behind the agriculture of extraction which hurts the environment. It is time to aim for cooperation with nature, pointing out synergies which permit sustainable production.

After the description of elementary problems of conventional agricultural production in semiarid zones of Andean valleys, which is especially soil degradation, integrated solutions for sustainable agriculture are presented. Agroforestry is described as diversification of production which at the same time is sustainable and represents the agricultural technique named climate-friendly-farming, which reduces the impacts of climate change. With agroforestry it is not only possible to find solutions to most of the productivity problems, it permits, besides the protection of natural resources like water and soil fertility, to create a pleasing microclimate. These impacts of agroforestry have already been experienced by the Incas one thousand years ago during a temperature rise in the Andean region.

Keywords: agroforestry, adaptation to climate change, climate farming, climate friendly farming

1 Descripción de los problemas de la producción agrícola en los valles andinos

En los valles andinos de Bolivia son producidos los alimentos de mayor consumo en el país como por ejemplo la papa, el maíz, los cereales, las verduras, las frutas y los lácteos. Justamente en esta región se nota con mayor fuerza el impacto del cambio climático. Mientras que los productores se recuerdan que en años anteriores el clima acompañaba la siembra, hoy en día se vive un desfase de las estaciones climáticas, además de temperaturas extremas, lluvias torrenciales y vientos violentos. Esto provoca la degradación de los suelos en los valles andinos, que ya se encuentran en peligro por la mecanización de la labranza, la aplicación de agroquímicos y sobre todo por las prácticas extractivas que provocan la disminución de la materia orgánica en el suelo. Entonces, se puede observar un círculo vicioso respecto a la degradación de los suelos: su poco contenido en humus limita su fertilidad y su capacidad de almacenar la humedad; por consecuencia, se debilitan los cultivos y son afectados por plagas y enfermedades, para lo cual, el productor aplica agroquímicos; estos productos sintéticos agravan la degradación del suelo, lo que empeora la sanidad vegetal de los cultivos, haciendo necesario un mayor número de repeticiones de estos productos nocivos para el humano y el medio ambiente.

En resumen, la producción agrícola en los valles andinos esta menguada por:

- i.) Condición del suelo
- ii.) Plagas y enfermedades en los cultivos
- iii.) El cambio climático

iv.) El impacto de extremos climáticos

La práctica agrícola convencional ante los puntos arriba enumerados ofrece técnicas y aplicaciones que solamente remedian los síntomas, además de significar inversiones altas, en vez de ofrecer soluciones sostenibles y a largo plazo.

2 Soluciones integrales a los problemas de la producción agrícola en los vales andinos

A continuación son analizados los problemas e indicadas posibles soluciones sostenibles:

2.1 Condición del suelo

La condición del suelo determina su fertilidad, que por lo general es evaluada a través de la producción de biomasa. La fertilidad del suelo depende de los siguientes parámetros: la profundidad de la capa arable, la disponibilidad de nutrientes para el cultivo, la fracción de humus, la estructura y la ventilación del suelo, su capacidad de almacenar la humedad, la actividad biológica del suelo, su valor de pH, la inclinación del terreno y su exposición.

En general existe un nexo muy estrecho entre la fertilidad del suelo, su contenido en materia orgánica y la actividad biológica del mismo. Cuanto más intensiva es la actividad biológica, mayor es la fertilidad del suelo. En un gramo de un suelo sano y vital viven alrededor de mil millones (en cifras: 1 000 000 000) de organismos perteneciendo a unas 60.000 especies diferentes, sobre todo bacterias, hongos, protozoos y nematodos, también gusanos, lombrices y muchas otras especies. Todas estas precisan un hábitat con un contenido entre 3,5% a 6% de humus, así es denominada la materia orgánica parcialmente descompuesta.

El humus tiene esencialmente las siguientes características:

- es insoluble en agua y evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes,
- tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua,
- estabiliza las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, suavizando el mismo, permitiendo una aireación adecuada, aumentando la porosidad y la infiltración de agua y a través de los procesos de descomposición es fuente importante de nutrientes, que son absorbidos, fijados y puestos a disposición de las plantas.

Lamentablemente, hoy en día los suelos en general y sobre todo en zonas semiáridas, como los valles andinos, son muy pobres en humus. Esto tiene como consecuencia la poca fertilidad de los suelos y el déficit constante de su contenido hídrico, lo que provoca la debilidad de los cultivos que por tener estrés son fácilmente afectados por plagas y enfermedades, obligando a los productores intensificar las aplicaciones de agroquímicos, que a su vez afectan la fertilidad del suelo.

¿Como se podría revertir este círculo vicioso?

Se debe recordar que el punto clave consiste en el porcentaje de humus en el suelo. Mayor cantidad de humus, mayor vitalidad del suelo; esto quiere decir cantidad y diversidad alta de flora y fauna del suelo, que destacan por los siguientes beneficios:

- Cuanto mayor es la cantidad y la diversidad de los organismos en el suelo, mayor es la disponibilidad y la diversidad de nutrientes y otros compuestos importantes para el desarrollo de los cultivos.
- Los microorganismos llamados bacterias de las nudosidades o bacterias radicícolas nitrifican al suelo, captando el nitrógeno del aire y acumulando éste junto a las raíces.
- Hongos micorriza (la palabra micorriza significa literalmente “hongo-raíz”) rodean las raíces sobre todo de especies perennes; y aprovechando la savia de la especie de hospedaje, apoyan el aprovisionamiento de la misma y de las plantas en el entorno con sustancias nutritivas y agua; al mismo tiempo aumenta la resistencia de la planta micorrizada contra la salinidad y su tolerancia a determinados patógenos del suelo.
- La presencia de hongos micorriza puede permitir al productor ahorrar en el suministro del agua de riego, la aplicación de productos fitosanitarios y también de fertilizantes químicos, sobre todo en relación al fosfato.

Entonces, un suelo fértil con una humedad constante a disposición del cultivo es construido a través de la materia orgánica en vía de descomposición, llamado humus. ¿Pero cómo lograr tanto material orgánico, si en la cosecha es extraído el producto entero de la chacra, porque hasta sus residuos como la pajason utilizados para alimentar el ganado y/o los conejos?

Solución:

Plantar y/o sembrar especies perennes como árboles y arbustos alrededor del terreno cultivado y en filas dentro de la chacra. Porque para la naturaleza

una chacra significa un claro y un claro significa una herida y esta tiene que sanar, mejor dicho cerrar lo antes posible. Esta fuerza de sanar heridas, en la naturaleza se manifiesta por la intensidad del desarrollo de hierbas, dando al productor la interminable labor del deshierbe. En los lugares con barbecho de varios años se puede observar que después de las hierbas siguen las especies perennes como los arbustos y los árboles. Entonces, siempre la naturaleza tratará de transformar chacras preparadas o recién sembradas en un bosque. Este proceso de transformación se llama sucesión natural. Primero crecen especies pioneras como las hierbas, después arbustos y árboles como especies secundarias, hasta que se haya establecido un bosque. La naturaleza constantemente quiere llegar a formar un bosque de una gran variedad de diferentes especies, porque solamente éste tiene la condición de abundancia y autarquía y por ende es sostenible. Abundancia quiere decir que dentro el sistema hay más cantidad de energía que lo necesario para sobrevivir; autarquía significa que el sistema es autosuficiente y no necesita ningún insumo externo. La abundancia y la autosuficiencia hacen que el sistema sea sostenible. La naturaleza busca la sostenibilidad, porque todo lo otro significa el suicidio a corto, mediano o largo plazo. Entonces, un bosque es un sistema prometedor que incluso puede ceder energía. Esto quiere decir que se pueden cosechar ciertas cantidades de sus productos en forma de frutas, leña, madera y otros sin la necesidad de reponer al sistema productivo abono u otro material que asegure su continuidad.

Los arbustos y árboles que son asociados en un terreno de cultivo en los valles andinos preferiblemente sean especies nativas, porque éstos están aclimatados y albergan en sus raíces los microorganismos adaptados al medio local. También pueden ser especies leguminosas y/o exóticas siempre y cuando sean resistentes a la sequía. Las especies resistentes a la sequía tienden a tener raíz pivotante, razón por la cual dentro el suelo no interfieren con el cultivo ni son dañados por la labranza del terreno.

Permanentemente, las especies perennes renuevan sus raíces y amplían el diámetro de su rizoma. Las raíces no solamente ablandan el suelo, parten piedras y preparan el terreno, sino también fijan el suelo y lo protegen contra la erosión tanto eólica como hídrica. Donde muere una raíz, el material orgánico restante entra en descomposición para formar humus. Además, queda un túnel donde puede realizarse la respiración del suelo y la penetración del agua de lluvia. Tanto el intercambio del oxígeno (O₂) y del dióxido de carbono (CO₂) como una cierta humedad, son de suma importancia para la vivacidad del suelo, que a su vez, es una condición primordial para su fertilidad. Las hojas de las especies caducas caen en cierta temporada. Las especies siempre-verdes pierden sus hojas constantemente. En el suelo, las hojas se vuelven hojarasca y

con el tiempo forman una capa de materia orgánica sobre el suelo que se llama mantillo. La función del mantillo es la de una frazada, cubriendo el suelo del frío, del calor, de la sequía y la lluvia torrencial, además de mitigar la evaporación. Debajo de una capa de mantillo, los organismos en el suelo se encuentran a una temperatura y una humedad constante, lo que favorece su proliferación. Al descomponerse el mantillo se hace humus, dando hábitat a los organismos en el suelo. Entre estos hay hongos que mejoran la estructura física del suelo mediante la acumulación de sus micelios, otros forman agregados que ayudan a retener el agua.

En la asociación de especies perennes con un cultivo de ciclo corto, la tarea del hombre es el manejo adecuado de las especies arbóreas, que consiste sobre todo en la poda periódica. A través de la poda, la luz del sol es dosificada, para garantizar un desarrollo adecuado del cultivo. Todo material de poda es picado y depositado en el suelo para aumentar la capa de mantillo y posteriormente el porcentaje de humus en el suelo.

Conviene producir en asociación con especies arbóreas, porque de esta manera el productor asegura la sinergia con la biota del suelo, ahorrando fertilizantes y agua de riego.

2.2 Plagas y enfermedades en los cultivos

Una planta bien nutrida tiene una buena autodefensa contra plagas y enfermedades. Por esto, la fertilidad del suelo es un factor clave para una buena producción. Además, un suelo fértil por su porcentaje alto de humus es hábitat de microorganismos con actividad bacteriana. Estos producen antibióticos que contribuyen a un desarrollo sano y saludable del cultivo porque inhiben portadores de enfermedades vegetales e incluso pueden contrarrestar hasta cierto grado los nematodos.

Un monocultivo, aunque desarrollándose en un suelo fértil, corre mayor peligro de ser atacado por una plaga y/o enfermedad que un cultivo asociado. La razón es que en un monocultivo:

- Todas las plantas tienen las mismas necesidades y por esta razón están compitiendo entre ellos por los mismos nutrientes, lo que provoca el agotamiento de ciertas sustancias nutritivas debilitando el cultivo entero en su autodefensa.
- Las raíces de todas las plantas llegan hasta la misma profundidad, lo que agota la humedad del suelo a cierto nivel, provocando el estrés de sequía en el cultivo

- Donde hay poca diversidad de especies también hay poca diversidad de microorganismos en el suelo, lo que limita la producción de sustancias favorables para los cultivos.
- Una plaga y/o una enfermedad especializada en cierta especie puede proliferar muy bien en un monocultivo, donde encuentra su huésped preferido en abundancia, sobre todo cuando el cultivo ya se encuentra en estrés por la falta de nutrientes o sequía, razón por la cual tiene una autodefensa baja.

Solución:

Producir asociando diferentes especies, por ejemplo sembrar el maíz junto con el poroto y/o el zapallo. Otra práctica realizada en el Valle de Cochabamba es asociar la arveja con la avena. Sobre todo en la verdura existe mucha experiencia sobre la asociación de diferentes especies. Un ejemplo es la combinación de la lechuga con la cebolla. Mientras que la cebolla crece de forma vertical, la lechuga cubre el espacio horizontalmente, además de beneficiarse de la protección contra posibles depredadores por el olor intenso por parte de la cebolla. Otro ejemplo es la asociación entre la cebolla y la zanahoria, donde la una defiende a la otra por su aroma contra las moscas dañinas.

El sembrar y/o plantar la mayor diversidad posible de especies perennes alrededor de la parcela y también por filas dentro la parcela es una práctica de convertir el terreno cultivado en un cultivo mixto. No existe competencia entre diferentes especies, porque cada una tiene necesidades diferentes. Más bien se complementan, porque intercambian ciertas sustancias y se apoyan recíprocamente. Además, las raíces de las diferentes especies llegan a diferentes profundidades, que es otra razón por la ausencia de competitividad. Más bien, la diversidad de las especies perennes aporta a la chacra productiva un equilibrio natural dinámico, donde cada organismo busca la compensación. Aunque siempre puede manifestarse alguna enfermedad o plaga, ésta no puede proliferar por la presencia de su antagonista. Entonces, es importante ofrecer el hábitat adecuado a la fauna benigna, quiere decir a los devoradores de los insectos malignos que llamamos plaga.

Por ejemplo, la mariquita consume una gran cantidad de pulgones al día. Queriendo lograr la ayuda de la mariquita para contrarrestar los pulgones, es importante no fumigar contra estos insectos chupadores cuando todavía hay pocos, porque la mariquita solamente se acerca cuando encuentra su “plato lleno”.

También los pájaros son devoradores de insectos, sobre todo de las orugas, porque necesitan gran cantidad de energía y proteínas para volar y nutrir su

nidada. Para evitar que ataquen los brotes del cultivo, éstos pueden estar cubiertos con una capa de paja o una tela delgada.

El contorno y las filas de especies perennes dentro la chacra además por sus hojas y/o raíces emiten exudaciones que actúan como repelente. Por otro lado, existen especies que atraen ciertas plagas. Por ejemplo, según la experiencia propia, la retama acapara al pulgón negro con tal intensidad, que las especies en su entorno quedan libres de este insecto chupador.

Conviene producir en asociación con especies arbóreas, porque de esta manera el productor asegura la sinergia con la naturaleza, ahorrando plaguicidas y fungicidas, además cosechará productos ecológicos y protege la salud propia y la de su familia.

2.3 El cambio climático

El cambio climático en los valles semiáridos de la región andina es evidente y se hace sentir sobre todo por mayores temperaturas, temporadas de sequía alargadas y la discontinuidad de las estaciones de lluvia. En zonas semiáridas, el cambio climático tiene un impacto fuerte, disminuyendo aún más la disponibilidad de agua para la producción. Entonces, es evidente la urgencia de tratar de lograr una gestión más eficiente del agua de riego, a través de la evitación de la evaporación del suelo, la disminución de temperaturas altas en la parcela productiva y la prevención por la insolación del área cultivada. Porque la sobredosis de los rayos UV debilita a cualquier organismo y temperaturas altas significan mucho estrés para las plantas, además de intensificar la evaporación del cultivo y del suelo. De todas maneras, un cultivo debilitado por la insolación y sufriendo la falta del recurso hídrico, con mucha probabilidad será víctima de una plaga o enfermedad, aparte de la cosecha insatisfactoria.

Solución:

A través de especies perennes como los arbustos y los árboles, que son plantados y/o sembrados alrededor y dentro de la parcela, se logra disminuir la evaporación, se crea un microclima beneficioso y se asegura el abastecimiento del recurso hídrico porque:

- Las especies perennes de diferentes alturas y formas de las copas dan sombra y protegen contra los vientos secos que en las tardes caen desde la cordillera.
- Las especies perennes producen hojarasca, que al caer cubre el suelo y lo protege contra la luz del sol, el calor y los vientos secantes. Las ramas podadas y depositadas sobre el suelo tienen el mismo efecto.

- En suelos con abundante humus existen los hongos micorriza, que a través de sus micelios forman ciertos agregados que ayudan a retener el agua en el suelo y además apoyan a la planta micorrizada de aprovisionarse con este elemento irrenunciable.
- La asociación entre ciertas especies y ciertos hongos logra la producción de proteínas especializadas en formar poros, que facilitan el transporte de agua en las membranas de las células en las raíces.
- Las especies perennes nativas son resistentes a la sequía, porque tienen raíces pivotantes para encontrar agua en grandes profundidades; las raíces de un número mayor de estas especies arbóreas, por su fuerza de chupar funcionan como una bomba aspirante y logran subir el nivel de la capa freática, también llamado “hydraulic lift”.
- Las especies que logran satisfacer su necesidad hídrica, por la membrana semipermeable de sus raíces, emiten cierta cantidad de humedad, invitando de esta manera el recurso hídrico a las especies vecinas.

Conviene producir en asociación con especies perennes, porque de esta manera el productor asegura la sinergia con la naturaleza, logrando que sus parcelas productivas y sus cultivos se adapten al cambio climático.

2.4 El impacto de extremos climáticos

El cambio climático se hace notar no solamente con temperaturas más altas y sequías prolongadas, sino también por extremos climáticos como la precipitación torrencial, la granizada, la helada, el desborde del río e inundaciones, el viento fuerte y ráfagas. Los impactos del mal tiempo, en el peor de los casos pueden arrasar con toda la cosecha. Vale la pena de tomar la precaución de mitigar los riesgos de desastres naturales, protegiendo la parcela cultivada contra el destrozo por extremos climáticos y el suelo productivo contra la erosión hídrica y eólica.

Solución:

Un cerco vivo conformado por varias filas de especies perennes con copas de diferentes tamaños alrededor de la parcela y filas de especies perennes cada cierta distancia dentro de la parcela, protege los cultivos contra las lluvias torrenciales, los vientos fuertes, ráfagas y heladas, porque:

- Al pasar las ramas de los árboles, las gotas grandes de la lluvia torrencial son desmenuzadas y caerán como llovizna.
- La densidad de las copas actúa como una cortina rompevientos, frenando el viento y la ráfaga, además puede desviar la helada.

- El material de poda obtenido de las especies perennes, depositado encima del suelo, protege el mismo contra las erosiones hídricas y eólicas.
- Se pueden podar ramas enteras para proteger con estas las especies sensibles o cultivos en estado de germinación contra las fuerzas destructivas de extremos climáticos.
- Conviene estabilizar el cauce del río plantando en sus orillas filasmúltiples y estrechas de árboles.

Conviene producir en asociación con especies arbóreas, porque de esta manera el productor asegura la sinergia con la naturaleza, aprovechando el valor de protección y de resguardo que ofrecen arbustos y árboles.

3 La agroforestería como una herramienta para una producción sostenible y amable con el clima

La agricultura convencional permanentemente hace mucho esfuerzo para conquistar y combatir la naturaleza. Mientras que la naturaleza siempre esta apuntando de lograr un bosque, el hombre apuesta al claro en forma del terreno de cultivo, para lograr la producción requerida. Es evidente que en cierto modo el claro es necesario para lograr una producción satisfactoria de cultivos de ciclo corto. No obstante existen varias prácticas de producción que toman los sistemas naturales como modelo y observan sus principios, logrando de este modo sinergias con la naturaleza:

- La producción que practica la asociación de especies, tanto adentro como alrededor del espacio cultivado, por la diversidad aprovecha al máximo el espacio; las distintas especies ocupan diferentes estratos encima y dentro de la tierra, fomentando tanto la interacción y el apoyo recíproco entre las raíces de las diferentes especies, como un equilibrio natural que favorece a la sanidad vegetal.
- La cobertura del suelo, también llamada acolchado o mantillo, que consiste en materia orgánica obtenido por la poda y la hojarasca, protege el terreno cultivado contra la erosión hídrica y eólica, la evaporación y los cambios de temperatura; por la descomposición este acolchado se convierte en humus, beneficiando la bióta en el suelo y mejorando su capacidad de almacenar la humedad.
- La colaboración con la fauna benigna, ofreciendo a la misma el hábitat necesario, para lograr el control biológico de posibles plagas en el terreno cultivado.

3.1 Descripción de una práctica agroforestal que considera sinergias con la naturaleza

La sinergia, palabra del griego *συνεργία*, que significa cooperación, es el resultado de la acción conjunta de dos o más causas y se caracteriza por tener un efecto superior al que resulta de la simple suma de dichas causas. En la agricultura se busca la sinergia con la naturaleza con el fin de bajar la inversión para la producción y al mismo tiempo producir de forma respetuosa hacia el medio ambiente. Un ejemplo para esta forma de producción es la asociación de fríjol con maíz, donde las bacterias simbióticas en las raíces del fríjol fijan el nitrógeno atmosférico a favor del maíz, haciendo innecesario la aplicación de un fertilizante químico. A la vez este hecho protege el conjunto natural de la chacra, sobre todo la bióta en el suelo.

En continuación es descrito un ejemplo de un cultivo asociado en un terreno de 25 m por 30 m (750 m²), que se encuentra en un pendiente al pie de la Cordillera del Tunari, con un suelo pedregoso, arenoso, suelto y carente de materia orgánica, donde en noviembre de 2008 se emprendió la implementación de un sistema agroforestal. Fueron plantados especies perennes en filas con una distancia entre 1,5 hasta 3 en la fila y de 3 m entre las filas. En los intersticios son producidos cultivos de ciclo corto durante la temporada de lluvia.

Las especies utilizadas en la implementación de la parcela agroforestal:

- Como especie arbórea nativa fue plantada la Tara (*Caesalpinia spinosa*) a una distancia de tres metros en la fila. Esta especie tiene muchos beneficios: es leguminosa, quiere decir que las bacterias en los nudos de sus raíces acumulan nitrógeno del aire dentro la tierra; es industrial por sus vainas que tienen un contenido alto en taninos y son buscadas por los curtiembres; es medicinal, porque la infusión de las vainas de la Tara tiene efecto desinfectante; es plaguicida natural, porque la cocción de las vainas actúa como insecticida. Las Taras son podadas periódicamente para facilitar la cosecha de las vainas y para dejar entrar bastante luz a la franja de producción de cultivos de ciclo corto.
- Como especies frutales fueron plantados, dentro de hoyos de 30 por 30 centímetros y mejorando la tierra con una pala de abono de oveja, en las mismas filas y siempre en el medio de dos arbolitos de Tara, la Palta (*Persea americana*), el Higo (*Ficus carica*), el Limón (*Citrus spp.*), el Durazno (*Prunus persica*) y también varios ejemplares de Cedrón (*Aloysiacitrodora*). Estas especies son podadas periódicamente para facilitar la cosecha y para regular la entrada de luz a las franjas de cultivo.

- En las franjas de cultivo fue sembrado en el primer año, al empezar las lluvias, el Tarwi. En el año siguiente, igualmente junto con las lluvias, papa y después arveja. Este año fue repetida la siembra de Tarwi para lograr mayor acumulación de nitrógeno, el aflojamiento del suelo de forma profunda y el mejoramiento de su aireación. Mientras que en el primer año se buscó la ayuda del tractor para la preparación del terreno, en los dos años siguientes fue preparado el suelo con la yunta. Este año fue sembrado el Tarwi por la técnica de la labranza mínima, haciendo con un palo un agujero de unos 5 cm de profundidad. Esta práctica tenía el fin de no disturbar el edafón, quiere decir la construcción del estrato con la biomasa microbiana que determina la fertilidad del suelo.
- Desde septiembre del 2009, en una de las franjas de tres metros de ancho se instaló un vivero para la producción de verduras para el autoconsumo. Para tal fin, la tierra pedregosa fue excavada para lograr un hoyo de 12 metros de largo, 1,70 metros de ancho y 70 centímetros de profundidad. Este hoyo fue llenado en su fondo con troncos que tenían hasta 10 centímetros de diámetro, originando de la poda de árboles de Molles (*Schinus molle*) en otras parcelas agroforestales dentro del mismo predio. Encima de estos troncos fueron depositados ramas de Chacatea (*Dodonaea viscosa*) y Tola (*Baccharis dracunculifolia*) recién cortadas y con follaje. Arriba de esto fue tendido una buena cantidad del pasto silvestre (*Melinis repens*) de regeneración natural en el lugar. La tierra original fue cernida para separar las piedras. Como quedaba poca cantidad de tierra, esta fue aumentada con dos cubos de lama de Viloma, la misma que también es utilizada en el vivero propio, además de tierra vegetal recoleccionada debajo de los Molles y Chacateas en el predio y 10 talegos de compost de la Granja Modelo Pairumani, hasta llenar por completo la excavación. El relleno fue mojado por riego a goteo durante toda una noche. Como los árboles en la parcela todavía tienen una estatura pequeña, era necesaria la construcción en forma de media luna de una red de semi-sombra, con el fin de proteger la parcelita de horticultura contra la insolación.

Por la descomposición constante de la materia orgánica se hundió el suelo de la parcela de verduras, razón por la cual en noviembre de 2010 éste fue nivelado experimentando la aplicación del biocarbón o carbón vegetal, elaborado por la pirolisis utilizando los troncos podados en el año anterior en otras parcelas agroforestales. La cantidad de un talego grande de este biocarbón fue desmenuzado y sopado en 20 litros de orina, que había sido guardado durante tres meses para asegurar que sea libre de gérmenes patógenos. Después

el biocarbón fue mezclado con 4,5 cubos de tierra vegetal recolectado debajo de la vegetación propia y 4 cubos de lama de Viloma. Esta mixtura fue extendida en el vivero de verduras y mezclada con la tierra del lugar. El carbón vegetal no es fertilizante, sino es portador de fertilidad, porque a través de sus cavidades y poros microscópicos mejora la estructura del suelo y multiplica las posibilidades donde se pueden adherir y acumular los nutrientes, los microorganismos y las partículas de humedad. De esta manera aumenta significativamente la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad, en mismo tiempo de amortiguar el valor pH, sales y tóxicos.

- Alrededor del espacio con verduras son plantadas diferentes especies aromáticas como el Geranio (*Perlagonium spp.*), el Pissastop (*Coleus canina / Plectranthus caninus*), la Lavanda (*Lavandula spp.*) y el Cedrón (*Aloysia citrodora*) con el fin de actuar como repelente contra diversas plagas.
- Para proteger el espacio de las verduras contra vientos fuertes y heladas, que en los meses de mayo hasta agosto caen desde la cordillera del Tunari, afectando el desarrollo de los cultivos de hortaliza, a principio del 2011 en el lado norte de esta parcelita de verduras fue plantado una hilera de pasto falaris.
- Como cerco vivo de protección contra vientos fuertes y heladas, que en los meses de mayo hasta agosto caen desde la cordillera del Tunari, en el lado norte de la parcela fueron plantados varias filas de Tara, aprovechando la sombra de arbustos de Chacatea (*Dodonaea viscosa*) ya existentes anteriormente.
- Después de la cosecha del cultivo de ciclo corto se deja crecer el pasto nativo (*Melinis repens*) que aparece por regeneración natural. Este, al principio de la temporada de sequía, es cortado para cubrir con su paja los pies de las especies frutales.
- En diferentes lugares dentro de la parcela, por regeneración natural ha aparecido el Molle (*Schinus molle*); estos ejemplares son cuidados para que puedan desarrollar y son podados periódicamente para que crezcan en forma de árbol y no como arbusto. Algunos de estos ejemplares han recibido la asociación con una planta de vid (*Vitis vinifera sp.*)

3.2 En la parcela arriba descrita se pueden observar las siguientes prácticas que logran sinergias con la naturaleza:

- El suelo siempre esta cubierto con materia orgánica para evitar la evaporación, la erosión y lograr una temperatura constante; esta temperatura templada y la humedad constante favorecen la

proliferación de los organismos en el suelo, que son responsables de la dinámica de transformación de la materia orgánica e inorgánica, de la cual depende la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

- A través del acolchado con materia orgánica, en el suelo aumenta paulatinamente la proporción del humus, proveyendo de hábitat a la bióta y aumentando la capacidad del suelo de almacenar la humedad.
- La siembra de los cultivos de ciclo corto y la plantación de las especies perennes se realiza asociando e intercalando a muy poca distancia diferentes especies, considerando en el consorcio especies nativas y leguminosas, para aprovechar todos los estratos encima y dentro de la tierra y favorecer la interacción de las raíces y el apoyo mutuo para asegurar el abastecimiento con los nutrientes requeridos y la humedad, porque no existe competencia entre diferentes especies, más bien la complementariedad.
- La implementación de la parcela fue realizada con una diversidad alta de especies para favorecer una diversidad similar en los organismos por encima y dentro del suelo, lo que lleva a un equilibrio natural de la salud vegetal y favorece a la fertilidad del suelo.
- La densidad de la vegetación en la parcela favorece a la temperatura y el porcentaje hídrico del aire que estimula en cada madrugada la formación de rocío; esta humedad favorece la descomposición del acolchado de materia orgánica, aumentando el porcentaje de humus en el suelo y con esto la fertilidad del mismo.
- La aplicación de biocarbón en el espacio de cultivo de verdura ofrece un hospedaje fabuloso para la diversidad de la bióta en el suelo, que por su dinámica de transformación potencia la fertilidad del suelo, además este carbón vegetal incrementa la disponibilidad de nutrientes y de la humedad para los cultivos y amortigua cantidades perjudiciales de sales y de posibles elementos dañinos.
- Hasta el momento no hubo plaga ni enfermedad en esta parcela, a pesar que la calidad del suelo todavía esta baja; se podría deducir que esto se debe al equilibrio natural por la diversidad de las especies y el hábitat acogedor que se ofrece a la fauna benigna; además, las especies perennes por su estatura logran cazar y albergar esporas de hongos que contrarrestan a hongos dañinos.

3.3 Producción amable con el clima – “*Climate friendly farming* o agricultura climáticamente inteligente”

En la práctica arriba descrita resalta la diversidad de especies, la inclusión de especies perennes, la densidad de la plantación, la aplicación de una capa de materia orgánica como acolchado sobre el suelo y la introducción de biocarbón en el suelo. Estas técnicas, además de lograr paulatinamente la recuperación de la fertilidad del suelo en un terreno degradado, pertenecen al *climate friendly farming*. La traducción significa “una producción amable con el clima”, debido a una captura perdurable del dióxido de carbono (CO₂). La densidad de plantas en la parcela obliga a la poda periódica y el retoño acelerado posteriormente captura una cantidad mayor de dióxido de carbono. La materia orgánica podada y depositada como acolchado es descompuesta y humificada por la actividad de los organismos en el suelo, donde permanece durante años, siempre y cuando sean aplicados técnicas sostenibles de uso de suelo. El material de poda también se puede utilizar como material de partida para la elaboración de biocarbón. Una vez en el suelo, el biocarbón permanece ahí por siglos, como se puede observar con la *Terra Preta* en la Amazonía.

4 Conclusión

La naturaleza siempre apunta al desarrollo de un bosque que contiene la mayor diversidad posible de especies, porque este es un sistema autárquico y sostenible. Entonces, integrando especies perennes alrededor y/o en la parcela productiva se logra mayor sostenibilidad, sobre todo respecto a la fertilidad del suelo y su ciclo agua.

Sobre todo en suelos degradados se nota la siguiente espiral ascensional: la implementación de especies perennes alrededor y dentro de la parcela productiva logra la densidad que fomenta un desarrollo acelerado; este exige la poda periódica que resulta en un acolchado sobre el suelo que es humificado, mejorando su fertilidad y su capacidad de almacenar la humedad, lo que favorece el desarrollo saludable del cultivo; el material de poda también puede ser transformado en biocarbón que fomenta exponencialmente la fertilidad del suelo por dar albergue adecuado a su biota; un suelo viviente puede nutrir bien al cultivo, que entonces es más resistente a posibles ataques de plagas y enfermedades, reduciendo la necesidad de aplicar pesticidas; el conjunto de estas prácticas resulta en una producción respetuosa del medio ambiente que apoya la conservación del ecosistema local y de los recursos naturales como el suelo, el agua, el aire y la biodiversidad.

Tanto la agroforestería como la aplicación del biocarbón en el suelo son prácticas ancestrales. Hace unos mil años, cuando la región andina vivió un

calentamiento anterior, los Incas involucraron árboles en sus chacras para asegurar su producción y sus fuentes de agua. Los indígenas de la Amazonía hace siglos atrás ya aplicaron el biocarbón en sus chacras para evitar el deslave de los nutrientes en los suelos arenosos de la cuenca amazónica, con el fin de alimentar sus poblaciones crecientes. Estas culturas sabias han podido adaptarse a un cambio climático, asegurando una producción creciente. En la actualidad no necesitamos nada más que replicar estas prácticas aprobadas, y adaptarlas a nuestras realidades.

Bibliografía:

- [1] Blume, Hans-Peter y Stahr, Karl y Leinweber, Peter. *Bodenkundliches Praktikum*. Heidelberg: Spektrum Verlag, 2011
- [2] Campbell, Neil A. *Biologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag, 1997
- [3] Chepstow-Lusty, Alex y Winfield, Mark. *Inca Agroforestry - Lessons from the Past*. Vol. 29 No. 6. Stockholm: RoyalSwedishAcademy of Sciences, 2000
- [4] Gabriel, Ingrid. *Erfolgreich gärtner durch naturgemäßen Anbau*. Niedernhausen: Falken Verlag, 1987
- [5] Koechlin, Florianne. *PflanzenPalaver – Belauschte Geheimnisse der botanischen Welt*. Basel: Lenos Verlag, 2008.
- [6] Voitl, Guggenberter, Willi. *Das große Buch vom Biologischen Land- und Gartenbau*. Wien: Verlag Orac Pietsch, 1980.