



Agricultura biodinámica: remineralización del suelo  
mediante pulpo de roca y fijación biológica de  
nitrógeno

Biodynamic agriculture: soil remineralization through rock  
octopus and biological nitrogen fixation

Cristiano De Angelis

[0000-0002-8025-7871](mailto:0000-0002-8025-7871)

SKEMA Business School, Francia

**Cita en APA:** De Angelis, C. (2024). Agricultura biodinámica: remineralización del suelo mediante pulpo de roca y fijación biológica de nitrógeno. *Revista Latinoamericana De Ciencias Agrarias*, 2(1), 47-66.



## Resumen

El historiador indigenista Luis E. Valcárcel sostiene que la civilización andina "había convertido un país inoperante para la agricultura en país agrícola, en un esfuerzo tremendo que no desaparece durante todo el dominio español y que tampoco ha desparecido hoy. Hay, pues, un vínculo muy riguroso entre el Perú Antiguo y el Perú Actual. Una de las técnicas utilizadas para re-mineralizar o solo implica la asociación de dosis intermedias de polvo de roca con dosis mayores de estiércol de ganado. Otra estrategia bien aceptada en la literatura para mejorar la producción de alimentos es la fijación biológica de nitrógeno en rizobios, que ocurre principalmente en la raíz o el tallo y es inducida por bacterias presentes en las leguminosas. Proporcionando una nueva perspectiva a la literatura existente, este artículo presenta un modelo Cultura - Conocimiento - Inteligencia - CCI que explica el impacto de la cultura en el conocimiento y la inteligencia y luego comprende cómo convencer a los agricultores a ser más independientes a través de cooperativas agrícolas que buscan el largo plazo. El estudio concluyó que la agricultura biodinámica inca es necesaria para que los pequeños agricultores estén abiertos a aprender prácticas agrícolas modernas, cooperativas y lenguaje comercial.

**Palabras Claves:** agricultura familiar, cooperativas, educación ambiental, gestión del conocimiento, inteligencia organizacional, polvo de roca.

## Abstract

The indigenous historian Luis E. Valcárcel maintains that the Andean civilization "had converted a country inoperative for agriculture into an agricultural country, in a tremendous effort that did not disappear during the Spanish dominion and that has not disappeared today. There is, therefore, a very rigorous link between Ancient Peru and Present Peru. One of the techniques used to re-mineralize or only involves the association of intermediate doses of rock dust with higher doses of cattle manure. Another well-accepted strategy in the literature to improve food production is biological nitrogen fixation in rhizobia, which occurs mainly in the root or stem and is induced by bacteria present in leguminous plants. Providing a new perspective to the existing literature, this article presents a Culture - Knowledge - Intelligence - CCI model that explains the impact of culture on knowledge and intelligence and then understands how to convince farmers to become more independent through agricultural cooperatives that aim for the long term. The study concluded that Inca biodynamic agriculture is necessary for small farmers to be open to learn modern farming practices, cooperatives and business language.

**Keywords:** family farming, cooperatives, environmental education, knowledge management, organizational intelligence, rock dust.

## Introducción

El aporte a la agricultura biodinámica es el modelo Cultura - Conocimiento - Inteligencia - ICC y se sugiere como modelo la cultura Inca. Para no abandonar la técnica el trabajo trae dos novedades que están teniendo éxito en la agricultura brasileña: el polvo de roca, especialmente cuando se mezcla con compost orgánico, y Fijación biológica de nitrógeno - FBN en rizobios, dos temas muy importantes en la mejora de la calidad de los nutrientes del suelo. Para este intercambio de conocimientos y experiencias entre agricultores, el trabajo comparte mejores prácticas y sugiere la creación de cooperativas agrícolas.

Perú, con raíces de la cultura Inca, puede ser ejemplo de una nueva forma de trabajar en la agricultura familiar: LA BIODINÁMICA. Por lo tanto, el texto revisa la literatura sobre qué es la agricultura biodinámica en términos de creación, desarrollo y propuesta y cómo se relaciona con la cultura Inca, y cómo ayudaría a cambiar los valores, creencias y supuestos (cultura) de los agricultores familiares para ser menos dependientes de fertilizantes químicos y de sistemas de riego muy sofisticados y costosos.

Roland (2020) destaca que en los últimos años se ha desarrollado una nueva y vibrante literatura sobre la economía de la cultura. Una gran parte de esa literatura examina los efectos de los valores y creencias culturales en los resultados económicos (crecimiento, instituciones, opciones de fecundidad, participación de la mujer en la población activa...). Más difícil es comprender los orígenes de las distintas culturas. La literatura existente sobre los orígenes de la cultura pretende comprender el papel de determinadas variables históricas en rasgos culturales concretos.

En el libro "Buscando un Inca: Identidad y Utopía en Los Andes", de Flores Galindo hay una reflexión muy importante sobre los incas:

"Ningún europeo podría escribir en los mismos términos sobre Grecia y Roma. Friedrich Katz advierte una diferencia notable entre aztecas e incas. En México no se encontraría una memoria histórica equivalente a la que existe en los Andes. No hay una utopía azteca. El historiador indigenista Luis E. Valcárcel sostiene que la civilización andina "había convertido un país inoperante para la agricultura en país agrícola, en un esfuerzo tremendo que no desaparece durante todo el dominio español y que tampoco ha desperdiciado hoy. Hay, pues, un vínculo muy riguroso entre el Perú Antiguo y el Perú Actual".

El famoso Qhapaq Ñan o Camino Inca es comúnmente visto como una "vasta red para la adquisición, gestión, movimiento y protección de mano de obra" (Hyslop, 1984), convirtiéndose en "el símbolo omnipresente del imperio a través de los Andes" (Hyslop, 1990) símbolo del imperio en todos los Andes" (Hyslop, 1990).

De acuerdo con Milla Batres (1981) lo andino como civilización, se ha desarrollado independientemente de otros focos de civilización. Tal desarrollo civilizacional tiene gran

relevancia para una ciencia social, ya que no hay muchos casos en la historia de la humanidad. López e Aguilar (2015) explican que los incas eran profundos conocedores de su ambiente geográfico y del “cielo”, el hombre antiguo peruano supo del movimiento de los astros y, por ello, aprendió de la predicción del tiempo. Supo, así, del momento de la siembra y la cosecha, de períodos de lluvia y agua o de sequía y de escasez. Por eso mismo, practicó la rotación de los cultivos por dos razones fundamentales:

- a) Para no “cansar” a la tierra o pacha mama y agotarla y hacerla improductiva.
- b) Porque no todos los cultivos florecen en un mismo tiempo; hay períodos agrícolas favorables a papas, otros a maíz, frijol, algodón, etc.

Así los cultivos rotaron, no siempre se sembró lo mismo; así, también, las faenas y el “barbecho” fueron distintos. Esto permitió al hombre antiguo disponer de variedad de productos alimenticios en las diferentes épocas del año.

Aprende que cada uno de estos pisos tiene una característica que le permitirán un asentamiento y cultivo diferencial; así, mientras en los valles interandinos cultivaron la papa, la oca, el olluco; en los valles costeros cultivaron el camote, el ají, el pallar, el frijol, en tanto -que los pisos altos cordilleranos servirán de pastales al igual que las lomas costeras.

Los camélidos, especialmente la llama, sería la principal especie que domesticó, junto a ello existirían algunas aves y también el perro que ya le acompañó en sus faenas cortas o largas. Pero lo interesante es indicar que esta domesticación le aseguró el alimento porque se convirtió en pastor de los animales que antes cazaba. De hecho, el desarrollo de la civilización incaica se basó en la agricultura familiar. Sin embargo, hoy en día la agricultura familiar está atravesando dificultades en el Perú por varias razones, entre ellas:

1. Hay una falta de educación básica en el campo de la agricultura familiar y, como resultado, se podría suponer que los agricultores tienen conocimientos limitados sobre prácticas agrícolas, como nuevos sistemas de riego y compensaciones con alternativas a la producción de fertilizantes.
2. Falta de acceso de los agricultores al conocimiento y la experiencia concentrados en los institutos de investigación.
3. La incapacidad de los agricultores para alentar a los jóvenes a permanecer en las zonas rurales sin acceso a la universidad.
4. Baja disponibilidad y uso de semillas agrícolas.
5. Muy pocos ejemplos de diversificación y reciclaje de cultivos.
6. Muy pocas cooperativas e instituciones de formación.
7. Falta de nuevos mecanismos para que los agricultores se comuniquen con los bancos de inversión y los comerciantes, ya que la economía se basa en las familias y, por tanto, los agricultores no están familiarizados con el lenguaje empresarial.

8. Los agricultores se muestran reacios a tomar préstamos formales porque no saben cómo completar la documentación, porque no han recibido ninguna oferta o porque no tienen historial crediticio y la falta de diseño de un sistema de seguro agrícola viable.

Este artículo propone un modelo Biodinámico para la agricultura familiar en Perú basado en un modelo teórico para dilucidar las relaciones entre la cultura (valores, creencias y suposiciones), conocimiento (información contextualizada) y la inteligencia (interpretación y aplicación de este conocimiento). Se pretende que este modelo, denominado aquí Modelo de Cultura, Conocimiento e Inteligencia (CCI), sirva como punto de partida para futuros trabajos aplicados y empíricos en el diseño de proyectos biodinámicos en el sector de la agricultura familiar.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. Además de esta introducción y conclusiones, la sección 1 analiza la Cultura Inca y Cooperativismo. La sección 2 informa sobre remineralización del suelo mediante pulpo de roca y fijación biológica de nitrógeno. La sección 3 comparte la metodología adoptada en el trabajo. La sección 4 comparte el modelo Cultura - Conocimiento - Inteligencia - CCI y en la sección 5 construye el modelo de agricultura biodinámica basado en la cultura Inca, combinando los diversos elementos teóricos recogidos a lo largo de las secciones anteriores.

## Antecedentes teóricos

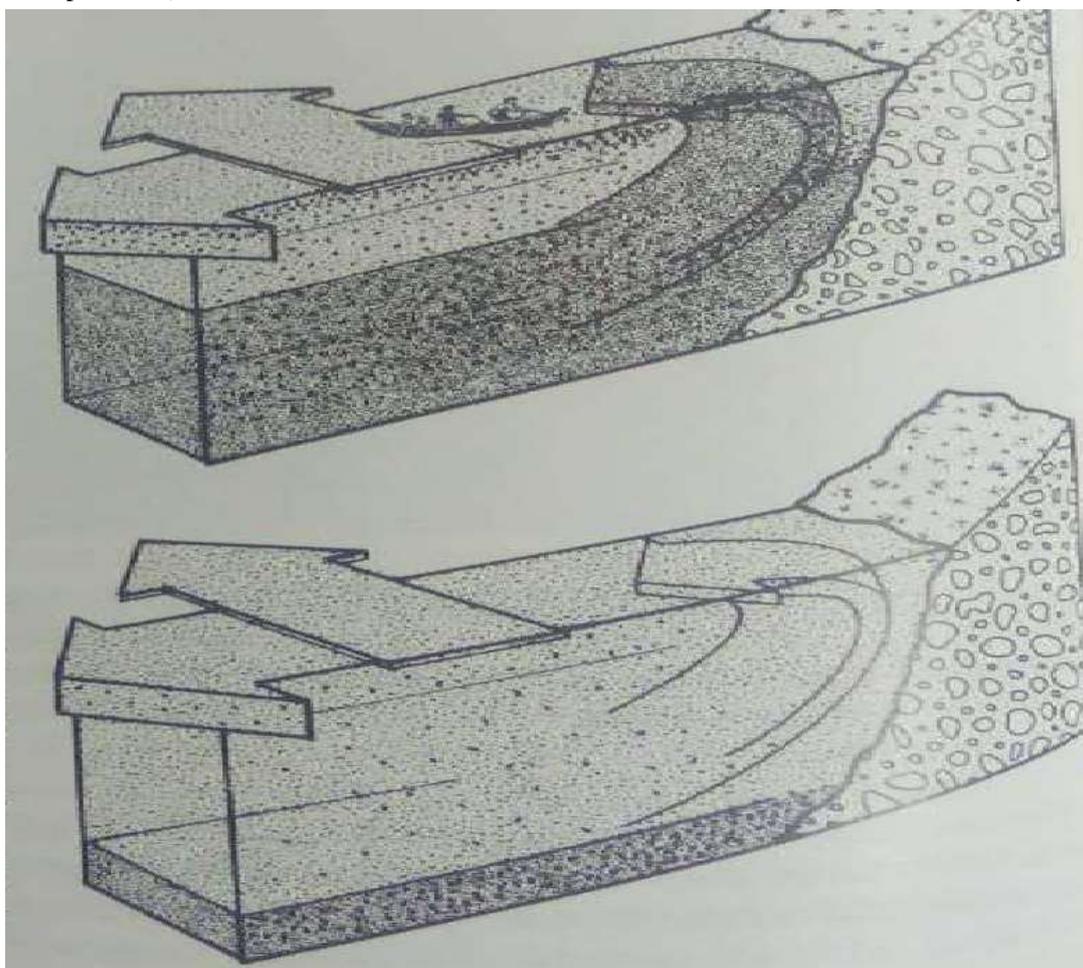
### **Cultura Inca y Cooperativismo: base principal de la agricultura biodinámica**

De acuerdo con el Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera (2023) el fenómeno de La-Niña, opuesto a El-Niño, corresponde al enfriamiento anómalo de las aguas superficiales del Océano Pacífico Central y Oriental, formando lo que comúnmente se conoce como una "piscina de agua fría" en dicho océano. Se trata de un fenómeno natural que produce fuertes cambios en la dinámica general de la atmósfera, alterando el comportamiento climático. Los vientos alisios son más intensos que la media climatológica y las aguas más frías, que caracterizan el fenómeno, se extienden en una franja de 10° de ancho a lo largo del ecuador, desde la costa peruana hasta los 180° de longitud en el Pacífico Central. Hay una intensificación de la presión atmosférica en el Pacífico Central y Oriental en relación con la presión atmosférica en el Pacífico Occidental.

En el sur, sequías, oleajes anómalos en la costa, aparición de plagas y alteración en el ciclo de cultivos agrícolas.

Wolf y Fahrbach (1998) explican en profundidad la topografía del suelo cambiante durante y después de El Niño.

**Figura 1:** Esquema del cambio de las condiciones de afloramiento frente a la costa peruana, de condiciones normales (arriba) hacia condiciones normales (abajo)



**Fuente:** Basado en una gráfica original por R. T. Barber publicado en Canby, 1984

El agua superficial, caliente y pobre en nutrientes, se separa del agua de fondo, fría y rica en nutrientes (especialmente fosfatos, nitratos y también silicatos). Durante El Niño esta termoclina se profundiza, y el afloramiento transporta solo aguas calientes y pobres en nutrientes a la superficie.

Después de El Niño, cuando ya no llueve y la vegetación se seca, aumenta el peligro de incendios. Todas las dificultades impuestas por El Niño a la agricultura muestran la importancia de una nueva forma de hacer agricultura: la agricultura biodinámica.

De hecho, una excelente alternativa a la agricultura industrial, también en declive debido a la excesiva mecanización, la manipulación química y el uso de herbicidas, así como al desprecio por la conservación del medio ambiente, es la agricultura biodinámica.

Perú, con raíces de la cultura Inca, puede ser ejemplo de una nueva forma de trabajar en la agricultura familiar: LA BIODINÁMICA. Por lo tanto, el texto revisa la literatura sobre qué es la agricultura biodinámica en términos de creación, desarrollo y propuesta y

cómo se relaciona con la cultura Inca, y cómo ayudaría a cambiar los valores, creencias y supuestos (cultura) de los agricultores familiares para ser menos dependientes de fertilizantes químicos y de sistemas de riego muy sofisticados y costosos.

Palacios (2020) destaca que la agricultura biodinámica tiene en cuenta tanto el contexto material como el espiritual de la producción de alimentos y trabaja tanto con influencias terrestres como cósmicas. La influencia de los ritmos planetarios en el crecimiento de las plantas y los animales, en lo que respecta al poder de maduración de la luz y el calor, se gestiona programando los tiempos de cultivo con un calendario astronómico. Todos los principios de la agricultura orgánica se aplican a la agricultura y ganadería, jardinería y silvicultura biodinámicas.

La agricultura biodinámica va un paso por delante de la agricultura ecológica porque adopta un enfoque holístico, ecológico y ético de la agricultura, la jardinería, la alimentación y la nutrición, y es una forma de vivir, trabajar y relacionarse con la naturaleza y las vocaciones agrícolas basada en prácticas de sentido común, la conciencia de la singularidad de cada paisaje y el desarrollo interior de cada persona y, en consecuencia, de todos los practicantes dentro de la comunidad.

Los cultivos se utilizan para diversos fines, incluidos alimentos para humanos, piensos para animales, biocombustibles y otros productos no alimentarios (Cassidy et al., 2013).

Los cultivos de cobertura también contribuyen a la fertilidad agrícola al agregar diversidad de plantas y brindar vida y sensibilidad al suelo a través del oxígeno y el nitrógeno.

La rotación de cultivos ayuda a equilibrar las necesidades de cada cultivo y permite una diversidad creativa de expresión en el suelo. Juntas, estas prácticas reducen o eliminan la necesidad de importar fertilizantes y permiten que la finca avance hacia el equilibrio y la resiliencia (Zaller, 2004).

Las prácticas de sentido común incluyen: esforzarse por ser autosuficientes en energía, fertilizantes, plantas y animales; estructurar actividades basadas en el trabajo con los ritmos de la naturaleza; utilizar de forma saludable la diversidad de plantas, fertilizantes y animales; abordar el trabajo con seriedad, pulcritud, orden, concentración en la observación y atención al detalle; puntualidad en la realización del trabajo (Paull, 2011).

Campbell y Watson (2012) y Raupp (2001) descubrieron que la mejora del suelo, dentro del enfoque de agricultura biodinámica, se logra mediante una gestión adecuada del humus, por ejemplo, aplicando suficiente estiércol y abono orgánico en el mejor estado de fermentación posible; rotación adecuada de cultivos; buen funcionamiento del suelo; medidas de protección como protección contra el viento; cultivos de cobertura, abonos verdes y cultivos diversificados en lugar de monocultivos; y cultivos mixtos para que las plantas puedan ayudarse y apoyarse entre sí. Las cualidades de los agricultores biodinámicos son muy similares a las de la cultura Inca.

López and Aguilar (2015) señalan que sobre los flancos de las montañas construyeron los andenes o graderías que, hasta hoy, existen y se usan y que es una construcción formal con muros de piedra, con sistemas de riego, con sembríos, es decir, son verdaderas muestras de trabajo colectivo que indican el afán de dominio del hombre sobre el medio como se pueden admirar en Ollantaytambo, en Macchupicchu, Pisac o Yucay.

Rowe estima que la primera fase del incario se inició el año 1200 de la era cristiana, hace 800 años antes del 2000.

Guevara (1961) descubrió que la Cultura Inca fue producto de una amalgama de culturas, todas ellas importantes, partiendo desde el chavinoide cusqueño o Cultura de Chanapata, la Pre Historia Cusqueña paso por diferentes etapas, tales como Ware, Wari, Killke o Inca Inicial para luego terminar con la Cultura Inca.

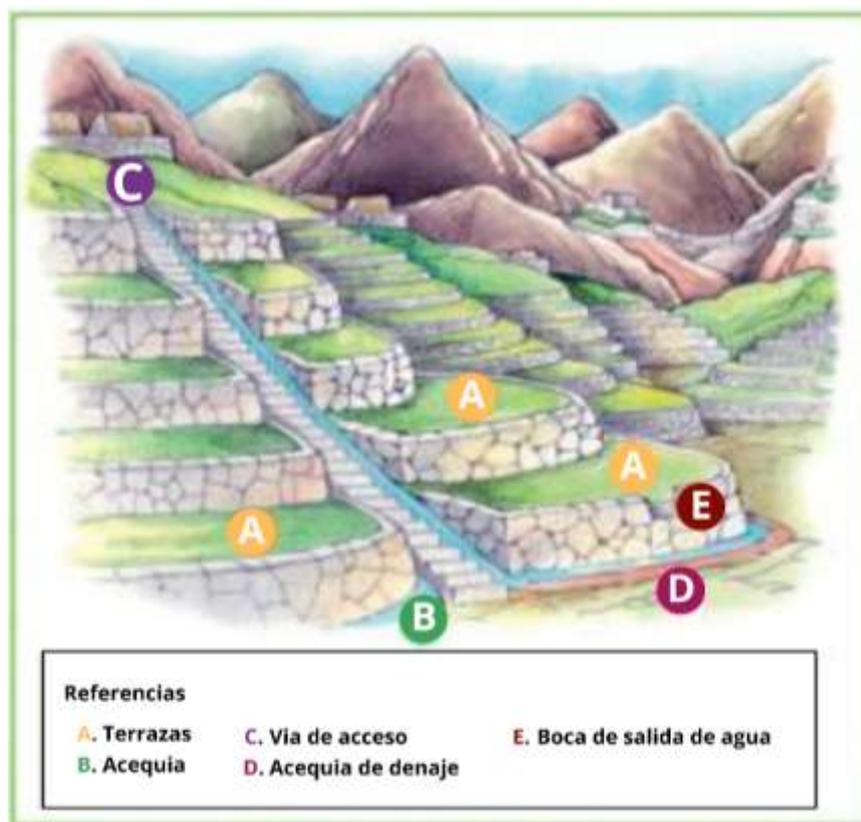
Pineda (2001) señala que entre los incas se estableció una gran comunicación mutua, lo que dio curso a un remarcable intercambio de bienes, saberes y elementos culturales, que de esta manera fueron dando lugar a la aparición del conjunto de las particularidades de la cultura y de la civilización peruana del pasado.

Para conservación de la cosecha, se sometía a estos vegetales a diversos procedimientos que les hacía aptos para su conservación por largos periodos, para cuyo efecto se le mantenía en ambiente fríos y secos, o envueltos en ramas protectoras de los ataques de insectos (la muña, que es un protector incomparable). Los productos que estaban destinados a ser utilizados como semillas recibían tratamientos y cuidados especiales.

En los valles interandinos el hombre del antiguo Perú supo aprovechar el caudal de los ríos, mediante represas o “boca tomas” que captaban el agua y la derivaban por “acequias”, convenientemente construidas y limpiadas por lo menos dos veces al año, hacia los sembríos que se levantaban sobre las faldas de los cerros y las cuencas de los mismos ríos. A veces se valían de “Oconales” para aprovechar las aguas subterráneas y alimentar pequeñas áreas de sembríos. En el área costeña se aprovechó el agua de los ríos de esta región que la derivaron mediante canales y acueductos, hacia los lugares en que se le necesitó.

Salaverry (2018) hizo un estudio muy interesante sobre el modelo de producción Inca en la agricultura de la Quebrada de Humahuaca. Las técnicas agrícolas utilizadas tenían como base la construcción de pisos ecológicos, andenes o terrazas sobre las laderas de las montañas, es decir distintos espacios geográficos o ambientes que variaban con la altura del relieve (**Figura 2**).

Figura 2: Sistemas de cultivo en terrazas



Fuente: Salaverry (2018) *El modelo de producción Inca en la agricultura de la Quebrada de Humahuaca. Elaboración y propuesta de un material educativo interdisciplinario*

Los trabajos de labranza diferían según las condiciones ecológicas, utilizaban el guano como el principal fertilizante y obraron un sistema de canales y acequias para riego que permitía un uso sustentable del agua. En las Yungas empleaban el sistema de la roza y de camellones, basado éste último en la confección de surcos por donde corre el agua y pequeñas lomas donde se plantan las semillas, para la siembra en relieves planos. En los ayllus campesinos se practicaba la minga, es decir una producción comunitaria y su distribución entre todas las familias por partes iguales (Salaverry, 2018).

Galindo (1994) destaca que los miembros del ayllu se consideran parientes entre sí, son, pues, aylluni, es decir, miembros ligados por diversos vínculos, cuya finalidad es la cohesión del grupo y su identificación con los fines que persiguen, esto es, el cultivo en común de la tierra y la participación de los productos que de ella se obtienen.

Esto implica una reciprocidad en el trabajo y una redistribución de productos. Por lo primero se practican las faenas en forma de ayuda mutua, el individuo brinda su trabajo y, en reciprocidad, los restantes miembros de la colectividad le ayudan a él; es una manera de trabajo comunitario. La redistribución de productos implica, a su vez, la opción a que tienen todos los integrantes del ayllu a disponer de todo lo que su colectividad ha usufructuado o cosechado, no de una manera libre que podría derivar en una comunidad primitiva, sino, antes bien, de una manera sistematizada, debidamente organizada ya que esta redistribución corre a cargo del jefe del ayllu, quien a todos brinda las mismas opciones

y oportunidades, a fin de que los productos diversos que la colectividad ha trabajado, puedan ser disfrutados por los integrantes sin establecer prioridades ni preferencias, salvo las derivadas de la estratificación social, jerárquico-administrativa y gubernamental (Galindo, 1994).

Es esencial que Perú comience a realizar más estudios sobre la cultura inca y la agricultura biodinámica para permitir orientar a los agricultores familiares, los principales beneficiarios de este proceso de aprendizaje y la relación beneficiosa para todos: gobierno, el sector privado, los institutos de investigación y las cámaras. de comercio y cooperativas.

Esta comunicación entre investigadores, bancos de desarrollo y agricultores familiares se puede lograr mediante la creación de cooperativas que, además de abordar el tema de la capacitación técnica, brinden apoyo financiero a iniciativas de agricultura familiar. Sin embargo, si bien la creación de cooperativas es una buena solución, es necesario educar a las personas en esto, así como en prácticas de gestión del conocimiento, especialmente en términos de tutoría, mejores prácticas y lecciones aprendidas.

### **Remineralización del suelo mediante polvo de roca y fijación biológica de nitrógeno en rizobios**

Los remineralizantes del suelo pueden provenir de rocas de diferentes orígenes y composiciones químicas. El despedregado es de fundamental importancia para el medio ambiente, para la agroindustria, especialmente para la agricultura familiar, ya que es una actividad con menor riesgo financiero y reduce la dependencia de las importaciones de fertilizantes químicos (Bergman et al., 2011).

El polvo de roca libera nutrientes más lentamente, lo que ofrece ventajas como un mayor tiempo de retención de nutrientes en el suelo en comparación con los fertilizantes químicos (Theodoro & Leonardos, 2006). Además de aumentar la producción agrícola y reducir los costos de producción, evita los impactos ambientales causados por los fertilizantes químicos, como la contaminación del suelo y los recursos hídricos (Silva et al., 2020).

Una de las técnicas utilizadas por Viana, Caetano y Pontes (2021) implica la asociación de dosis intermedias de polvo de basalto con dosis mayores de estiércol de ganado (Camargo et al. 2012). Las técnicas son variadas pero la más efectiva fue el uso de polvo de roca asociado a otro tipo de fertilizante.

Viana, Caetano y Pontes (2021) destacan que el uso del polvo de roca en la agricultura brasileña tiene un gran potencial, pero aún está poco explorado y requiere el desarrollo de nuevas investigaciones y estudios, especialmente evaluando la efectividad agronómica del polvo de roca asociado a la actividad animal.

Theodoro y Leonardos (2006) seleccionaron rocas volcánicas de MATA DA CORDA como los materiales más probables para ser utilizados como fertilizantes de roca en algunos asentamientos. Sus tobas, lavas y tubos eran más ricos en macro y micronutrientes que la

mayoría de las rocas y, además, tienen una amplia distribución (450 km<sup>2</sup>) en la Sierra Central de Brasil.

Según Theodoro y Leonardos (2006), en todas las zonas los agricultores que llevaron a cabo los experimentos hasta el final fueron inequívocos en reconocer la ventaja de los fertilizantes de roca en relación con los fertilizantes químicos convencionales.

Según Conceição et al. (2022) los diversos beneficios del basalto en polvo se deben a su roca madre, que aporta parte de los macro y micronutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas y el reequilibrio del pH del suelo.

Se incubaron suelos de texturas contrastantes (arenosos, p.ej.) con dosis de basalto en polvo durante 90 días y los resultados de la prueba de incubación mostraron que el basalto en polvo aumentó los niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio disponibles hasta veinte veces más que aquellos sin polvo de basalto debido al mantenimiento de propiedades químicas mejoradas en el suelo. En particular, las plantas de maíz y frijol cultivadas en suelos enriquecidos con polvo de basalto produjeron hasta cinco veces más que los cultivos sin el uso de polvo de basalto.

En la misma dirección, otros estudios han demostrado que la aplicación de Polvo de Roca Basal (BRP) mejora significativamente las propiedades químicas del suelo, principalmente la concentración de calcio, magnesio, fósforo y potasio (Curtis et al., 2022; Luchese et al., 2021, Marcuso et al., 2014; Martins et al., 2013,).

El polvo de basalto se destaca entre varios polvos de roca de silicato (PRS). Los basaltos son rocas ricas en silicatos de magnesio (Mg) y hierro (Fe) con un pH básico. Estas rocas también son fuentes de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y varios micronutrientes. esencial para la nutrición de las plantas (Swoboda, Tdoring & Hamer, 2022).

Los resultados beneficiosos prevalecen para las rocas máficas y ultramáficas, como los basaltos y las rocas que contienen nefelina o glauconita. Varias modificaciones de rocas son muy efectivas para aumentar la efectividad agronómica de los SRP. Mejora de la erosión de los polvos de roca de silicato: los SRP también podrían secuestrar cantidades sustanciales de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y el suministro de silicio (Si) puede inducir un amplio espectro de resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico. Sin embargo, es importante analizar detenidamente los pros y los contras de utilizar polvo de roca como fertilizante.

Luchese et. al (2023) encontró que el polvo de roca basáltica (BRP), así como la piedra caliza, están asociados con un aumento del pH del suelo (p.ej. Shamshuddin y Fauziah, 2015) y BRP tiende a tener un tiempo de reacción mucho más lento que la piedra caliza, lo que puede ser un beneficio adicional de los polvos de roca a largo plazo.

Sin embargo, es importante considerar cuidadosamente la sobrevaloración del polvo de roca como fertilizante en Brasil, como sugiere la investigación de Viana, Caetano y Pontes (2021). Destacan que el uso del polvo de roca en la agricultura brasileña tiene un gran potencial, pero aún no está bien explorado y requiere el desarrollo de más estudios.



investigaciones y estudios, especialmente evaluación de la efectividad agronómica del polvo de roca asociado al estiércol animal (Viana, Caetano y Pontes, 2021).

Una de las técnicas utilizadas por Viana, Caetano y Pontes (2021) implica la asociación de dosis intermedias de polvo de basalto con dosis mayores de estiércol de ganado. Las técnicas son variadas pero la más efectiva fue el uso de polvo de roca asociado a otro tipo de fertilizante.

La baja tasa de disolución de muchas rocas de silicato es un obstáculo importante para que los polvos de roca de silicato (SRP) se mejoren mediante modificaciones físicas, químicas o biológicas. Las modificaciones físicas incluyen varios métodos de molienda de alta energía para disminuir el tamaño de las partículas y el desorden estructural de los minerales, que se ha demostrado que mejoran significativamente la cinética de disolución (Harley, 2002; Kleiv y Thornhill, 2007). Diez minutos de molienda de alta energía produjeron un polvo de feldespato que mostró velocidades de disolución similares al  $K_2SO_4$  (Priyono y Gilkes, 2008). Las modificaciones biológicas han sido las más investigadas e implican mezclar polvos de roca con microorganismos disolventes de silicatos (MSD) o materiales orgánicos como compost y estiércol. Varios ensayos han demostrado que las bacterias que disuelven silicatos y, en menor medida, los hongos que disuelven silicatos son capaces de aumentar sustancialmente la liberación de nutrientes de los minerales (véanse las revisiones de Basak et al. (2017), Meena et al. (2016), Ribeiro. y otros (2020)). Como los SRP contienen varios nutrientes minerales esenciales excepto N, un compost o estiércol enriquecido con polvo de roca podría, en teoría, proporcionar todos los macro y micronutrientes necesarios (Leonardos et al., 2000). Existe evidencia contrastante de que el proceso de compostaje en sí ya podría aumentar la erosión de las rocas a través de ácidos orgánicos producidos microbiológicamente, temperaturas elevadas y mayores concentraciones de  $CO_2$  (García-Gómez et al., 2002; Li et al., 2020;).

Otra estrategia bien aceptada en la literatura para mejorar la producción de alimentos es la fijación biológica de nitrógeno en rizobios, que ocurre principalmente en la raíz o el tallo y es inducida por bacterias presentes en las leguminosas (Lindstrom & Mousavi, 2019).

De acuerdo con Guo et al. (2023) la fijación biológica del Nitrogenio - FNB es el proceso la nitrogenasa en procariontas convierte el gas dinitrógeno de la atmósfera en amoníaco en condiciones anaerobias/microaerobias a temperatura normal y presión atmosférica.

Aproximadamente el 95% del N presente en el suelo se encuentra en forma orgánica. Sólo aproximadamente la mitad de estos compuestos ya han sido identificados: además del nitrógeno orgánico, existen formas minerales inorgánicas.

La fijación biológica de nitrógeno (BNF) es el proceso mediante el cual el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) se convierte en formas que pueden ser absorbidas por la planta, como nitrato ( $NO_3^-$ ) y amoníaco ( $NH_4^+$ ). Esta fijación la llevan a cabo bacterias fijadoras de nitrógeno que tienen la enzima nitrogenasa encargada de catalizar el  $N_2$ . Cuantos más rizobios haya en el suelo, mejor será la fijación biológica de nitrógeno. Además de generar

mayor rendimiento productivo, la fijación de nitrógeno ayuda a recuperar áreas degradadas y mejora la fertilidad del suelo (Embrapa, 2017).

Vieria (2017) explica que la mineralización del nitrógeno orgánico (MNO<sub>r</sub>) es un proceso enzimático resultante de la conversión de formas orgánicas de N a formas inorgánicas disponibles para las plantas. Es impulsado por microorganismos heterótrofos, aeróbicos y anaeróbicos, que utilizan residuos vegetales como fuentes de carbono (C), N y energía. Para ser absorbido por los organismos, el N (NO) orgánico primero se descompone en unidades más pequeñas mediante enzimas extracelulares (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Los compuestos resultantes pueden absorberse directamente o mineralizarse a la forma amoniacal [NH<sub>3</sub>, amoníaco (forma gaseosa); NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, amonio].

Los microorganismos son importantes para muchas de las funciones del suelo. Una de las funciones principales de los microorganismos del suelo es su capacidad para transformar la materia orgánica en materia inorgánica (mineralización) y así proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Además, fijan nitrógeno atmosférico, contribuyen a la agregación de partículas del suelo, y de esta manera contribuyen a la estabilidad de su estructura, degradan pesticidas, producen compuestos que regulan el crecimiento de las plantas y también contribuyen al secuestro de carbono. Además, la interacción entre ellos y las raíces de las plantas puede generar varios beneficios para el crecimiento de las plantas (Brito, 2023).

Lindstrom y Mousavi (2019) destacan que esta fijación simbiótica de nitrógeno utiliza energía solar para reducir el gas inerte N<sub>2</sub> a amoníaco a temperatura y presión normales, y esto es hoy especialmente importante para la producción sostenible de alimentos.

Se ha informado que los endófitos de las plantas y las bacterias que habitan la rizosfera mejoran la formación de módulos y la tolerancia a los bióticos y abióticos en condiciones controladas (pej., Eganberdieva et al., 2017). Estas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) representan taxones diversos y en ocasiones se han utilizado con éxito como biofertilizantes. La hidrogenia de los módulos de raíces fijadores de N<sub>2</sub> puede ayudar a alimentar los promotores del crecimiento de las plantas (Schuler y Conrad, 1991).

### **Metodología de investigación**

Este estudio utiliza la metodología de revisión de la literatura de manera integrada para comprender mejor el impacto de la cultura en el conocimiento e inteligencia.

Snyder (2019) afirma que la revisión de la literatura como método de investigación es más relevante que nunca. Las revisiones de la literatura tradicional a menudo carecen de minuciosidad y rigor y se realizan ad hoc, en lugar de seguir una metodología específica.

Este artículo realiza una revisión integradora de la literatura sobre la cultura Inca, polvo de roca, fijación biológica de nitrógeno, cooperativas agrícolas, cultura, conocimiento e inteligencia.



La integración ocurre no sólo en la revisión de la literatura en sí, en la que la intersección entre estos conceptos se demuestra a través de diferentes fuentes, sino también a través del modelo de investigación en el que todos los constructos están presentes.

### El modelo cultura, conocimiento e inteligencia

Kroeber (1949) afirma que el hombre sólo se diferencia de los animales gracias a la cultura. Para él el hombre es un ser que está por encima de sus limitaciones orgánicas, la cultura es un proceso acumulativo, es decir, el hombre acumula experiencias y, por tanto, cultura.

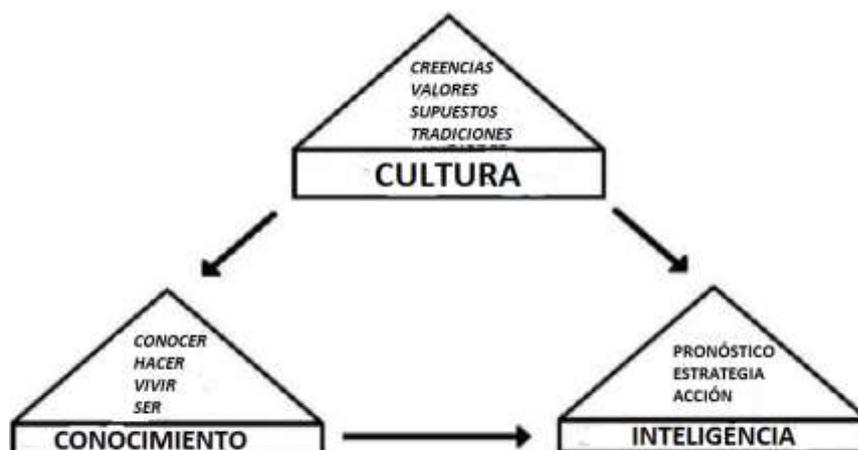
En general, los académicos sugieren que los gobiernos deben garantizar que la ciencia esté a la vanguardia de la estrategia para la recuperación económica y el crecimiento económico. Para ellos, la ciencia produce conocimiento y, por tanto, produce innovación, lo que mejora la calidad de vida, la democracia, el crecimiento económico y la capacidad de resolver problemas mayores. Sin embargo, Rothberg y Erickson (2004) sostienen que el conocimiento es estático y, en última instancia, sólo tiene valor si la gente lo utiliza.

Con base en los fundamentos teóricos anteriores, se construye el modelo Cultura-Conocimiento-Inteligencia (CCI), que se muestra en la **Figura 3**.

Las premisas del modelo CCI son:

- I. La cultura está formada por las creencias, valores, supuestos y tradiciones de una sociedad (Shein, 1985)
- II. El argumento central es que, para que la educación tenga éxito en sus tareas, el currículo como su núcleo debe reestructurarse o reformularse en torno a los cuatro pilares del aprendizaje: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser (Nan-Zhao, 2000)
- III. Los tres pilares de la inteligencia son: predicción, estrategia y acción (Rothberg y Erickson, 2004)

**Figura 3:** Cultura - Conocimiento - Inteligencia



Fuente: Choo (1998)

El modelo CCI está basado en tres hipótesis (**Tabla 1**):

**Tabla 1:** Supuestos en el modelo CCI

| Hipótesis  | Fuentes  | Resultados                  |
|--|--|-----------------------------|
| <b>La cultura tiene un impacto positivo en el Conocimiento</b>           | Alavi y Leidner (2001), Deal y Kennedy (2002) y Tweed Ledman (2002) sugieren que la forma en que los individuos perciben, organizan y procesan la información y la forma en que se comunican con los demás y la forma en que comprenden, organizan y generar conocimiento y resolver problemas, está relacionado con la cultura. | <b>hipótesis confirmada</b> |
| <b>La cultura tiene un impacto positivo en la inteligencia</b>           | La cultura afecta los comportamientos organizacionales y sociales, cómo actuarán las personas en una situación determinada, como el pensamiento y la toma de decisiones (Schein, 1985).  | <b>hipótesis confirmada</b> |
| <b>El conocimiento (GC) tiene un impacto positivo en la inteligencia</b> | La gestión activa del conocimiento es esencial para permitir un mejor desempeño organizacional, la resolución de problemas y la toma de decisiones (Liebowitz, 2019).  | <b>hipótesis confirmada</b> |

Fuente: Source Authors, 2023

### Modelo de agricultura biodinámica basada en la cultura Inca

Según Veiga (2022), las ciudades inteligentes surgieron principalmente como resultado de las TIC, pero sin la preocupación de crear condiciones y una cultura que promueva el emprendimiento a través de un enfoque más descentralizado y antropocéntrico y de formas que promuevan la colaboración y la participación comunitaria. con el fin de mejorar la comprensión y abordar la complementariedad de los aspectos político-institucionales,



económicos-empresariales-ambientales y principalmente el aspecto sociocultural, como el compromiso ciudadano.

Esta dificultad para integrar los diferentes aspectos de las relaciones también se da en las zonas rurales y de ahí la importancia de las cooperativas para que florezca la agricultura biodinámica.

Las cooperativas, con el apoyo de la Cámara de Comercio y los institutos de investigación, tienen la tarea de organizar secciones de tutoría y compartir lecciones aprendidas y mejores prácticas, también a través de cursos de capacitación con agricultores para desarrollar e integrar diferentes habilidades: Competencia intelectual (IQ) -Juicio crítico y perspectiva estratégica; Competencia de gestión (CM): comunicación atractiva, gestión de recursos y formación; Competencia Emocional (CE)-Conciencia de uno mismo, resiliencia emocional, influencia y motivación; y Competencia Espiritual (SC): intuición, altruismo, transracionalidad y formas superiores de conocimiento.

Silva y Salanek (2006) identificaron que 60 cooperativas agrícolas mostraron un aumento significativo de ingresos del 130%. Debido a su capacidad para crear y aplicar conocimientos colectivos, las cooperativas han logrado resultados sorprendentes en el proceso de desarrollo local y nacional.

Las cooperativas se han convertido en una clara alternativa para el desarrollo socioeconómico, pero los críticos argumentan que no existe una coherencia metodológica que respalde tal afirmación, por lo que rechazan la pregunta de investigación. Sin embargo, es innegable el gigantesco potencial de las cooperativas para facilitar la creación, desarrollo y acumulación de capital social a través de acciones estratégicas que mejoren la confianza mutua entre los miembros y con ello el intercambio de bienes, conocimientos y experiencias dentro de este entorno colaborativo. Esto es posible gracias a los resultados de la interacción entre cooperativas conformadas por agricultores solidarios y colaborativos con el objetivo común de promover la resiliencia y el crecimiento mutuo de toda la comunidad.

La interacción, la confianza, la definición de objetivos comunes y la estructuración de la red social son aspectos esenciales para comprender el proceso cooperativo y la importancia relativa del capital social para el desarrollo del lugar donde se produce. La idea de crear cooperativas en zonas rurales tiene un enorme potencial para la formación de capital social, ya que promueve acciones que apuntan a congregar no sólo al conjunto de cooperativistas sino también a la comunidad local.

Las cooperativas tienen la función de brindar servicios a sus socios, tales como transferencia de tecnología, asistencia técnica focalizada, préstamo de insumos y maquinaria entre socios, adquisición de insumos, producción de semillas y fertilizantes, procesamiento de otras producciones (almacenamiento y secado), transporte. y marketing.

La creación de cooperativas depende de la educación de los agricultores en este sentido y, como la cultura se basa en familias con un nivel de desconfianza muy alto, es necesario un cambio cultural basado en el colectivismo y las técnicas caseras de la cultura inca. Recientemente ha surgido una novedad para mejorar la calidad del suelo, el polvo de roca, y este modelo de agricultura biodinámica se utiliza como ejemplo para reducir la dependencia de los fertilizantes químicos.

La **Figura 4** muestra el modelo de agricultura familiar biodinámica

**Figura 4:** Modelo de agricultura familiar biodinámica



Fuente: *Elaboración propia*

## Conclusiones

El artículo demostró claramente, a través de las entrevistas y la revisión bibliográfica, que un cambio cultural entre los pequeños agricultores conduciría al uso de buenas prácticas de gestión del conocimiento, especialmente la tutoría, las mejores prácticas y las lecciones aprendidas. El trabajo sugiere el polvo de roca y la fijación biológica del nitrógeno como temas a compartir por los agricultores.

Además, este cambio cultural apoyaría el desarrollo y la aplicación de un plan de asistencia técnica y financiera. Todo esto queda muy claro en el modelo bio dinámico.

Las fincas pequeñas no tienen comunicación con las medianas porque no hay lugar para intercambiar conocimientos y experiencias. Una solución podría ser crear cooperativas para ayudar a los agricultores medianos con el combustible y los costos de funcionamiento, si ayudan a los pequeños agricultores con la preparación del suelo.

El resultado de la Agricultura Biodinámica basada en la cultura inca será la educación de los agricultores y una mejor comunicación, principalmente con el mundo académico y el gobierno, pero también apoyo financiero.

## References

- Ackoff, R. (2020). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16, 3-9. 1989.
- Anang, B.T., & Asante, B.O. Farm household access to agricultural services in northern Ghana. *Heliyon*, 6.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., and Cammarano, D. (2015) Rising temperatures reduce global wheat production. *Nat. Clim. Change* 5: 143–147.
- Bali, R. K. Nilmini Wickramasinghe, Brian Lehaney. (2009). *Knowledge Management Primer* (Routledge Series in Information Systems).
- Bertolozzi-Caredio, D., Bardají, I., Coopmans, I., Soriano, B., & Garrido, A. (2020). Key steps and dynamics of family farm succession in marginal extensive livestock farming. *Journal of Rural Studies*, 76, 131-141.
- B, Boris BOINCEAN. COȘMAN, S. CHILAT.(2020). S. INTEGRAREA FITOTEHNIEI ȘI ZOOTEHNIEI PENTRU ASIGURAREA DEZVOLTĂRII DURABILE A AGRICULTURII. *Revista ȘTIINȚE AGRICOL*. Available at [Akademos 3\\_2020\\_p70-79.pdf](#) (selectia.md) .
- Caloghirou, Yannis & Kastelli, Ioanna & Tsakanikas, Aggelos. (2004). Internal Capabilities and External Knowledge Sources: Complements or Substitutes for Innovative Performance?. *Technovation*. 24. 29-39. 10.1016/S0166-4972(02)00051-2.
- Campbell, W.B., & Ortíz, S.L. (2012). Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Societal Influences. *Issues in Agroecology – Present Status and Future Prospectus*.
- Cassidy, Emily & West, Paul & Gerber, James & Foley, Jonathan. (2013). Redefining Agricultural Yields: from Tonnes to People Nourished per Hectare. *Environmental Research Letters*. 8. 034015. 10.1088/1748-9326/8/3/034015.
- Davenport, Thomas & Prusak, Laurence. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. 10.1145/348772.348775.
- De Angelis, C. T. (2013). A Knowledge Management and Organizational Intelligence Model for Public Sector Administrations. *International Journal of Public Administration*. Issue 36(11). Available at <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01900692.2013.791315> .
- Flores Galindo, A. *Buscando Un Inca. Identidad Y Utopía En Los Andes* [ocr] [1994]
- Gold, A. H., Malhotra, A., & Segars, A. H. (2001). Knowledge management: An organizational capabilities perspective. *Journal of Management Information Systems*, 18(1), 185–214.

- Gutiérrez, J.M., R. Ranasinghe, A.C. Ruane, R. Vautard, N. Arnell, E. Coppola, I. Pinto, D. Ruiz Carrascal, J. Sillmann, and C. Tebaldi. (2021). Annex VI: Climatic impact-driver and extreme indices. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Grubbström et al. (2012). Estonian family farms in transition: a study of intangible assets and gender issues in generational succession *J. Hist. Geogr.*
- Hansen B. D., Leonard E., Mitchell M. C., Easton J., Shariati N., Mortlock M. Y., Schaefer M., Lamb D. W. (2022). Current status of and future opportunities for digital agriculture in Australia. *Crop & Pasture Science*.
- Junquera V., Rubenstein D.I., Grêt-Regamey A. & F. Knaus. (2022). Structural change in agriculture and farmers' social contacts: Insights from a Swiss mountain region. *Agricultural Systems*.
- López, Carlos y Aguilar, Julia (2015, 15 de noviembre). Logros de la economía en la Epoca Pre Inca. *Historia del Perú*. <https://historiaperuana.pe/periodo-autoctono/logros-economia-epoca-pre-inca>
- Mazhar, Fauzia & Jam, Farooq & Anwar, Farooq. (2021). ZINC-ASPARTATE-MEDIATED DROUGHT AMELIORATION IN MAIZE PROMISES BETTER GROWTH AND AGRONOMIC PARAMETERS THAN ZINC SULFATE AND L-ASPARTATE. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 53 (2) 290-310. Available at <http://sabraojournal.org/wp-content/uploads/2021/06/SABRAO-J-BREED-Genet-53-2-290-310-Mazhar.pdf>
- McNamara, C. (1999). *General Guidelines for Conducting Interviews*, Minnesota.
- Miller J, Glassner B. (2004). 'The "inside" and the "outside": finding realities in interviews, in D Silverman (ed.), *Qualitative research: theory, method and practice*, 2nd, Sage, London pp. 125-39. Independence.
- Morseletto, P. (2019). Confronting the nitrogen challenge: Options for governance and target setting. *Global Environmental Change*.
- Nyantakyi-Frimpong, Hanson and Rachel Bezner-Kerr. (2015). "The relative importance of climate change in the context of multiple stressors in semi-arid Ghana." *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions* 32 : 40-56.
- Paull, John. (2011). Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz. *European Journal of Social Sciences – Volume Number. 21*.
- Raupp, Joachim. (2001). *Manure Fertilization for Soil Organic Matter Maintenance and its Effects Upon Crops and the Environment, Evaluated in a Long-term Trial*.

- Ray DK, West PC, Clark M, Gerber JS, Prishchepov AV, Chatterjee S. (2015). Climate change has likely already affected global food production. PLoS One. 31;14(5):e0217148.
- Rosenzweig, C., Jones, J.W., Hatfield, J.L., Ruane, A.C., Boote, K.J., Thorburn, P., Antle, J.M. (2013). The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 170.
- Rothberg, Helen N. and G. Scott Erickson. (2004). "From Knowledge to Intelligence: Creating Competitive Advantage in the Next Economy."
- Schein, Edgar H. (1985). Organizational Culture and Leadership. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Zaller, Johann.. (2004). Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): A review. Weed Research. 44. 414 - 432. 10.1111/j.1365-3180.2004.00416.x.