



**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN BOLIVIA Y  
ECUADOR: RENDIMIENTOS DEL CAFÉ, CACAO, QUINUA Y BANANO**

**Javier Aliaga Lordemann**

**Ramiro Lizarazu Carranza**

**Enero 2019**

## Resumen

Por un lado la agricultura es muy vulnerable al cambio climático, y por el otro es un emisor de gases de efecto invernadero<sup>1</sup>; tiene consecuencias diversas sobre la producción agrícola, la seguridad alimentaria y nutricional, etc., principalmente para poblaciones vulnerables. Para el CIAT et. al (2018) en las tres últimas décadas los desastres climáticos costaron a la región más de 72 Mil Millones de \$, y afectaron a más de 3 Millones de personas.

Es evidente la relación positiva entre el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>, y el aumento de la temperatura. Los efectos causales se traducen en el cambio en los regímenes de precipitaciones, frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, acceso al recurso hídrico y el aumento de la dispersión de plagas y agentes patógenos. Como resultado, la productividad agrícola mundial ha caído entre 1% a 5% (Loboguerrero, A., et al. 2018).

Para el IPCC (2018) los impactos del cambio climático en las regiones del trópico y sub trópico, llegarían a ser considerables ante un aumento de 1.7 °C temperatura promedio, y graves con un incremento de 2°C a 2.5°C de temperatura. El efecto negativo se reflejaría en el rendimiento de cultivos como el maíz, arroz, y frijol. Sin embargo, también se abre la oportunidad para nuevos cultivos como los frutales, café y cacao en áreas antes no aptas.

Los impactos del cambio climático y la variabilidad climática sobre la agricultura, presentan retos multisectoriales relacionados con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas para 2030. También, permiten promover nuevos métodos, como la agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC)<sup>2</sup>, con énfasis en la agroecología, la resiliencia de los pequeños y medianos productores, la integración de sistemas de alimentación y la consolidación de seguros agrícolas adecuados a la realidad de diversas escalas productivas.

A nivel socio-económico, es necesario reconocer la incidencia que el cambio climático tiene en cuanto a sus efectos sobre la dinámica migratoria, el género y la inclusión social. Elementos necesarios para identificar, diseñar e implementar estrategias efectivas, que mejoren los medios de vida de la población rural. Sin duda, la infraestructura también se encuentra más expuesta a los fenómenos climáticos, y puede ocasionar significativas pérdidas económicas.

En este marco, el alcance conceptual del presente documento, parte del hecho que el cambio climático impacta negativamente en las actividades productivas de las Organizaciones de Pequeños Productores y Productoras del Comercio Justo (OPP),

---

<sup>1</sup> Se estima que a nivel global es responsable de entre el 19% al 24% de las emisiones

<sup>2</sup> Se define como un enfoque que pretende transformar y reorientar el desarrollo agropecuario ante las nuevas condiciones que se presentan con el cambio climático, es decir, determinar de acuerdo al comportamiento climático y las condiciones agroecológicas y biofísicas del territorio, el mejor uso de agua y suelo en la agricultura, aumentando la productividad y competitividad de los sistemas productivos y tratando de reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

resultando inaplazable para las OPP, impulsar acciones de adaptación al cambio climático, en términos de ajustes en sus sistemas productivos, medios de vida y entornos rurales.

El impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario se debe aproximar desde un enfoque sistémico, que considere la interrelación entre los sistemas de producción, las familias de productoras y productores, sus entornos rurales y todas las formas de vida. Para identificar sus diversos impactos podemos establecer cuatro categorías de incidencia: agronómicos, ambientales, sociales y económicos. Más adelante estas categorías servirán de base para consultar a especialistas en esta temática, respecto al impacto climático en el sector agrícola de dos países, Bolivia y Ecuador.

Es importante tener en mente que las manifestaciones climáticas pueden ser graduales, resultantes de los cambios en las magnitudes medias del clima: temperatura, precipitación y nivel del mar; pero también abruptas, resultantes del aumento en la intensidad y frecuencia de la ocurrencia de eventos climáticos extremos. Estos impactos afectan también a los sistemas naturales y humanos asociados (i.e. biodiversidad, agua, suelo, salud, infraestructura, asentamientos humanos, energía, educación y alimentación).

Con todo esto el presente documento analiza el impacto causal que tiene el cambio climático sobre los ingresos agregados del sector agrícola en Bolivia y Ecuador, y el impacto agronómico de la variabilidad climática sobre el rendimiento de cuatro cultivos específicos (i.e. café, cacao, quinua y banana). De esta manera se puede evaluar el impacto a nivel de ingresos agregados de productores y productoras y sus perspectivas de adaptación para cuatro cultivos clave en las OPP.

A nivel metodológico se estima primero, un modelo econométrico que evalúa el efecto económico sobre los ingresos agrícolas “agregados” asociado a pérdidas en el rendimiento del sector<sup>3</sup>. Segundo, se realiza el ejercicio a nivel de impactos agronómicos sobre cultivos específicos (i.e. cacao, café, banano, quinua) que tienen gran incidencia en pequeños productores de ambos países.

La estimación para el caso de Bolivia muestra que, ante la ausencia de un episodio climático externo, es decir, bajo condiciones normales de temperatura y precipitación; estas variables inciden de forma positiva en los ingresos agrícolas agregados, incrementando en promedio 31.36\$ y 3.68\$ el ingreso de cada hectárea cultivada, respectivamente. Por su parte ante un episodio de variabilidad climática Moderada a Fuerte, la temperatura afecta negativamente en 0.95\$ los ingresos por hectárea cultivada. De igual manera la variabilidad en la precipitación, también impacta de forma negativa los ingresos en 0.24\$ por hectárea cultivada.

---

<sup>3</sup> Se tomaron las siguientes variables: PIB agrícola a precios constantes, temperatura y precipitación media, años de escolaridad, presencia de heladas e inundaciones. El período de análisis es de veinte años y la información corresponde a fuentes oficiales de cada país. La descripción en extenso de estos datos se presenta en el texto.

Los episodios climáticos de Niño y Niña Moderado a Fuerte, son ambos significativos, y como era de esperar estos reducen los ingresos agrícolas en 36.45\$ y 14.86\$ por hectárea cultivada, respectivamente. La variable con mayor nivel de impacto en los ingresos es la de años de escolaridad, donde en promedio los ingresos per cápita aumentan 60.51 \$ por cada año adicional de escolaridad. Este resultado puede estar vinculado con la dinámica migratoria, el rol de la mujer en el campo y la frecuencia de una segunda actividad económica.

La estimación en el caso del Ecuador muestra que la temperatura incide de forma positiva y significativa en los ingresos agrícolas en 50.5 \$ por cada hectárea cultivada. Al mismo tiempo la variabilidad en la temperatura es mucho menos significativa, y afecta negativamente a los ingresos en solo 0.084\$ por hectárea cultivada.

La precipitación incide de forma positiva en los ingresos agrícolas en 15.54 \$ por cada hectárea cultivada. Por su parte la variabilidad en la precipitación es mucho menos significativa, y afecta negativamente en 0.004\$ por hectárea cultivada. Finalmente, los episodios climáticos de Niño y Niña Moderado a Fuerte, son significativos y como era de esperar reducen los ingresos agrícolas en 56.76\$ y 22.35\$ por hectárea cultivada, respectivamente.

A nivel de cultivo, se simularon los rendimientos específicos para el banano, cacao, café y quinua en Bolivia y Ecuador. Para tal fin se utilizó el modelo AquaCrop, el cual simula el desarrollo de follaje enfocado principalmente a la evolución de la biomasa potencial del cultivo y la producción cosechable en respuesta al agua disponible. El modelo cuenta con cuatro módulos que lo componen: Clima, Cultivo, Prácticas de Manejo y Suelo<sup>4</sup>.

La simulación permitió evaluar la evolución de estos cultivos, para tres escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). La construcción del escenario Normal se definió en base al comportamiento de un período, donde no se registraron efectos climáticos de Niño y Niña, estableciendo un comportamiento regular y estacional de temperatura y precipitación. Para los escenarios de Niño y Niña Moderado a Fuerte, se evaluó la volatilidad media registrada en los tres últimos episodio climáticos extremos respectivos. A continuación resumimos los principales resultados de estas simulaciones por país y tipo de cultivo:

### **Banano en Bolivia**

Se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Caranavi para evaluar los efectos climatológicos sobre el cultivo del banano en Bolivia. Esta localización presenta un rendimiento medio de banano de 10,72 ton/ha, y es considerada como el escenario Normal.

---

<sup>4</sup> El modelo estima el requerimiento hídrico del cultivo mediante un balance de humedad en el suelo. También simula el crecimiento del dosel vegetal asumiendo dos casos: i) crecimiento tipo exponencial y (ii) senescencia exponencial. Para dinamizar la simulación, los principales parámetros utilizados son: fecha de siembra, cobertura de dosel inicial, cobertura del dosel máxima, días a dosel máximo, duración del ciclo, índice de cosecha, riego y fertilidad.

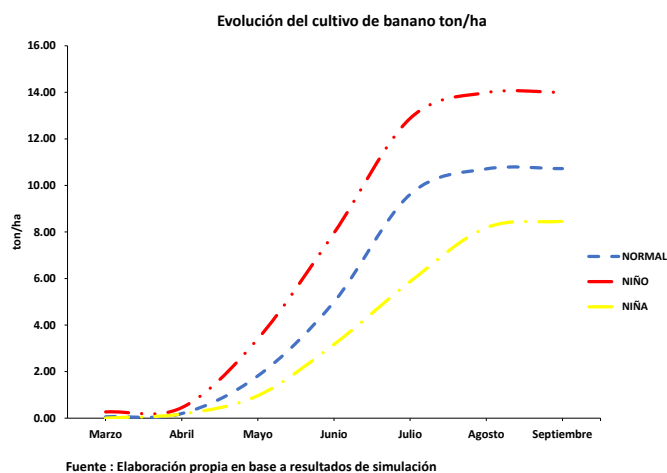
En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento de este cultivo para los tres escenarios planteados.

Para un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 14,00 ton/ha, es decir, que el rendimiento medio sube de 10.72 a 14.0 ton/ha. El estrés por calor limita la producción agrícola, sin embargo en el caso del Niño la temperatura aún no se acerca a su cota superior de 38°C, por lo que el rendimiento aumenta. A mediano plazo no se espera que la temperatura máxima sobrepase los 35°C, pero a largo plazo se podrían registrar temperaturas mayores.

El aumento de la precipitación promueve el crecimiento de la biomasa en la etapa de desarrollo fenológico del cultivo, y el aumento de la temperatura media favorece al rendimiento final del banano para temperaturas comprendidas entre 25°C y 38°C. En Bolivia el rendimiento del banano es bajo, debido principalmente a que la precipitación necesaria en la máxima etapa del desarrollo fenológico es de 600 mm, y esta difícilmente se alcanza.

El aumento de las temperaturas podría ocasionar que el cultivo se traslade a mayores altitudes. Dado que la producción de banano de montaña generalmente se destina al consumo local y familiar, es muy difícil que afecte de manera directa al comercio bananero, pero es probable que tenga un impacto considerable en las zonas donde los bananos cumplen una función alimenticia.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 8,5 ton/ha, es decir, que el rendimiento disminuye de 10.72 a 8.46 ton/ha. En Bolivia el factor que más limita la producción de banano, son las temperaturas frías - mínimas por debajo de 10 °C y medias por debajo de 16 °C - incrementando la probabilidad de enfermedades como el Falso Mal de Panamá, y de nematodos, sequía, desequilibrio alimenticio y saturación hídrica.



El manejo del cultivo del banano en gran medida no se encuentra tecnificado, y existe falta de asesoramiento técnico para los pequeños productores que lo cultivan. Por ejemplo, la

enfermedad del Falso Mal de Panamá podría ser prevenida, reduciendo la incidencia del estrés en el material recientemente sembrado.

La infestación con nematodos, compactación del suelo, saturación hídrica, riego insuficiente y aplicación insuficiente de fertilizantes, normalmente causan estrés en plantas jóvenes. Por lo tanto, se necesitan una buena preparación y manejo del suelo para promover el vigor de las raíces y prevenir la ocurrencia de las enfermedades.

Se recomienda que los sistemas de riego, si se dispone de ellos, deberían estar en el lugar antes de la siembra, siendo necesario su verificación regular. También, puede ser necesaria la utilización de drenajes. Con todas estas medidas, se estima que el rendimiento del banano en la zona de estudio podría aumentar hasta en un 50%.

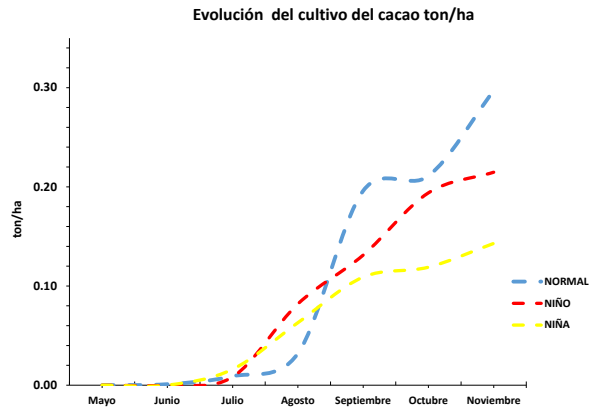
### **Cacao en Bolivia**

Para evaluar los impactos climáticos sobre el cultivo del cacao en Bolivia, se tomaron datos de la Estación Meteorológica Rurrenabaque, ubicada en la Provincia Gral. José Ballivián Seguro. Esta localización presenta un rendimiento de cacao de 0.23 ton/ha. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de cacao para los tres escenarios climáticos planteados.

El escenario climático Normal presenta no-linealidades, características de la forma de cosecha en Bolivia. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0.215 ton/ha; se esperaría que el aumento de la precipitación promueva un mayor crecimiento de la biomasa en la etapa de desarrollo fenológico. También el aumento de la temperatura media haría que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle más rápido, pero a medida que la temperatura suba el cultivo también requeriría más insumos.

El cultivo de cacao tiene dos cosechas, la más importante en los meses de Noviembre y Diciembre. En Septiembre se inicia la segunda floración y se cosecha en Marzo y Abril. Sin embargo, al inicio de esta floración se tienen temperaturas máximas de 40.1°C y en Octubre de 39.8°C, que pueden causar una disminución de hasta 27.6% en el rendimiento final, en respuesta a una mayor esterilidad del polen y estrés en el llenado de granos de cacao.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento disminuye de 0,297 a 0,143 ton/ha, el cultivo de cacao podría sufrir estrés térmico, reduciendo la actividad metabólica a bajas temperaturas y precipitaciones menores a las esperadas. También se verifica que el inicio de la formación del fruto de cacao se retrasaría por un mes, dando como resultado un menor tiempo de desarrollo.



El exceso de lluvias que pueda ocurrir en el periodo de desarrollo del fruto, induce una alta probabilidad de que bajen los rendimientos, ya que el cacao es vulnerable a altos porcentajes de humedad prolongada, aumentando la presencia del hongo Moniliasis (pudrición acuosa), por lo tanto se recomienda realizar zanjas de infiltración.

En un episodio de Niño Moderado a Fuerte, para evitar pérdidas considerables de rendimiento a medida que aumente la temperatura, se debe compensar este efecto con el uso de sistemas de riego, preferentemente sistema por goteo. Para evitar pérdidas de agua por evapotranspiración se recomienda cubrir el suelo con residuos vegetales, conservando la humedad.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, a medida que bajan las temperaturas el desarrollo se hace más lento. En este escenario se recomienda usar variedades que toleren un descenso de temperatura. También, se requiere realizar estudios sobre material genético e identificar variedades que se adapten a escenarios de variación climática y cambio climático (e.g. ubicación a localizaciones de mayor altitud).

### **Café en Bolivia**

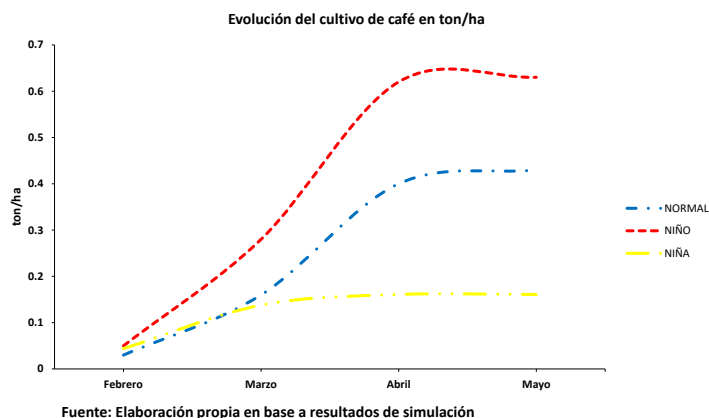
Para evaluar efectos climatológicos sobre el cultivo del café en Bolivia, se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Caranavi, ubicada en la Provincia de Caranavi. Esta localización presenta un rendimiento de café de 0,39 ton/ha, y es considerada como el escenario Normal. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de café para los tres escenarios planteados.

En un episodio de Niño Moderado a Fuerte se esperaría que el incremento en la precipitación ayude a que se forme una mayor cantidad de flores, y así una alta fructificación. Por otro lado el incremento de la temperatura, permitiría que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle velozmente, acelerando el proceso de madurez fisiológica, con un aumento del rendimiento de hasta 46,5%.

Al acelerar el tiempo de floración y maduración del fruto, el efecto se traduce en granos más grandes, pero más suaves. Por eso se incrementa el rendimiento global del cultivo,

pero se disminuye la calidad del producto. En este escenario es necesario controlar la temperatura, cuando está llega a incrementarse en 0,5°C la producción de café puede disminuir hasta un 60% del rendimiento promedio.

En un episodio de Niña Medio a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0,16 ton/ha. Cuando disminuye la precipitación se origina estrés en la planta, provocando una baja floración. También se observa con frecuencia que al incorporar fertilizantes, estos no se disuelven bien, provocando que el producto quede sin reaccionar – se forman costras por las sales que los componen - e incluso problemas de quemazón en las raíces y hojas.



Para un escenario Normal se recomienda incorporar un riego por goteo muy controlado, y realizar una buena fertilización en los dos últimos meses de desarrollo del fruto. Cuando se presenta un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se recomienda realizar una buena fertilización durante la maduración del fruto para que el cultivo aproveche al máximo los nutrientes necesarios para la formación del fruto, mejorado así su calidad.

Cuando se presenta el fenómeno de la Niña Moderado a Fuerte, se recomienda utilizar riego por goteo para tener un aprovechamiento de hasta el 80 % de agua. Bajo estas condiciones, cuando se aplican los fertilizantes, estos se disuelven con el agua y la planta puede aprovecharlos (e.g. fertilizantes naturales).

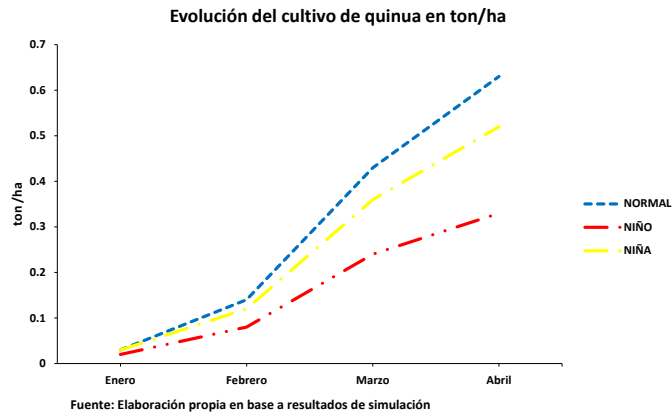
### Quinua en Bolivia

Para evaluar los efectos climatológicos sobre el cultivo de la quinua en Bolivia, se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Martín ubicada en la Provincia Ladislao Cabrera. Esta localización presenta un rendimiento de quinua de 0,6 ton/ha, y es considerada como el escenario Normal. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de este cultivo para los tres escenarios planteados<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Los parámetros y supuestos de cada simulación se presentan en detalle en el texto.





En episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0,33 ton/ha; se esperaría que el incremento de la temperatura aumente la humedad y provoque enfermedades como las manchas foliares. Mientras que el incremento de la precipitación causaría por su parte enfermedades como el Mildiu de la quinua y la podredumbre marron del tallo.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado sería de 0,52 ton/ha, y se esperaría que la reducción en la temperatura provoque que los granos disminuyan de diámetro y ocasionen la enfermedad de ojo de gallo. Las bajas precipitaciones causarían en un episodio Fuerte una sequía que podría provocar que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle lentamente.

Cuando se presenta un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se recomienda que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento. También, se recomienda utilizar una cobertura cuando comienzan las siembras para que las altas temperaturas no lleguen a secar las plantas recién germinadas, para mantener la humedad del suelo y para evitar la escorrentía.

Cuando se presenta un episodio de Niña Moderado a Fuerte, se recomienda incorporar un sistema de riego preferentemente por aspersión, para que el cultivo tenga el agua necesaria para su germinación, desarrollo, floración, formación del grano y madurez fisiológica, ya que la precipitación podría disminuir a niveles críticos.

### **Banano en Ecuador**

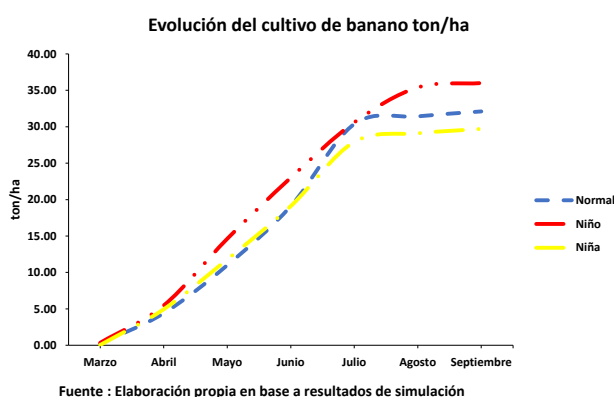
Para la evaluar efectos climatológicos sobre el cultivo del banano en Ecuador, se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Juan de Manabí, ubicada en la Provincia Cotopaxi. Esta localización presenta un rendimiento medio de 32,1 ton/ha, y es considerada como el escenario Normal. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de banano para los tres escenarios planteados.

En un episodio de Niño<sup>6</sup> Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado del banano es de 35.9 ton/ha. Para el banano comercial la temperatura media óptima está entre 26 °C y 28 °C, pero las plantas pueden tolerar temperaturas medias comprendidas entre 24 °C y 31 °C. En el Ecuador el clima es ideal para la producción de banano y la magnitud de los aumentos de temperatura previstos para 2030 y 2050 no son alarmantes.

El aumento de las precipitaciones probablemente sea más beneficioso que perjudicial para la producción de banano en este país. Solo cuando el aumento se manifiesta en forma de violentas lluvias ocasionales, es probable que sea perjudicial. Cuando el aumento presenta una distribución uniforme, entonces es probable que sea beneficioso, porque reduciría ligeramente la dependencia del riego en los meses más secos.

En un episodio de Niña<sup>7</sup> Moderado a Fuerte, el rendimiento disminuye de 32.1 a 29.7 ton/ha. En este caso se verifica estrés por sequía y descensos repentinos de temperatura que provocarían pérdidas de rendimiento. Sin embargo, la principal preocupación son las probables consecuencias del aumento en la incidencia de plagas y enfermedades provocadas por el clima.

De acuerdo a la tendencia, se espera que las condiciones para el crecimiento de la producción de banano en el Ecuador mejoren, aunque también aumentaría la superficie no apta para el cultivo. En este contexto podría ser necesario trasladar la producción de banano a mayores altitudes, sin embargo aumentar la altitud en 500 metros para compensar plenamente el incremento medio de 3,3 °C previsto por el IPCC, podría tener diversos efectos sociales sobre los pequeños productores. Una segunda alternativa es el desarrollo y adopción de variedades adaptadas a altas temperaturas.



<sup>6</sup> Se modela un episodio de Niño Moderado a Fuerte, donde la temperatura media llega a 27.95°C y la precipitación promedio a 3470 mm anuales.

<sup>7</sup> Se modela un episodio de Niña Moderado a Fuerte, donde la temperatura media llega a 23.3°C y la precipitación promedio a 1208.1 mm anuales.

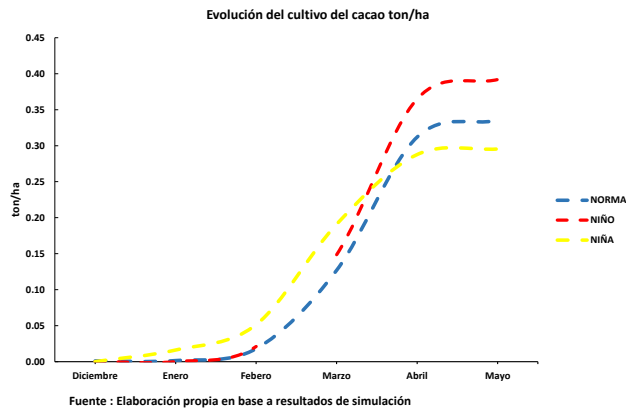
## Cacao en Ecuador

Para evaluar los efectos climatológicos sobre el cultivo del cacao en Ecuador, se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Juan de Manabí<sup>8</sup> ubicada en la Provincia Cotopaxi<sup>9</sup>. Esta localización presenta un rendimiento de cacao de 0.33 ton/ha. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de cacao para los tres escenarios planteados.

Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0.392 ton/ha. Debemos notar que en la medida que el episodio tienda a ser Fuerte, se esperaría que la temperatura máxima sobrepase los 30°C, afectando la producción del cacao a largo plazo.

Por su parte el aumento en la precipitación ayudaría a tener un aumento de biomasa en la etapa de desarrollo fenológico, pero puede ocasionar erosión del suelo y pérdida de nutrientes. El cacao es sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por lo que se precisan suelos con un buen drenaje.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento disminuye de 0,335 a 0,295 ton/ha. Se evidencia que la variación de la temporada de lluvias, sería más corta e intensa y duraría de 3 a 4 meses, mientras que en la época de verano, las sequías serían más fuertes. En este escenario el agua puede permanecer en la superficie mucho tiempo o se puede infiltrar rápido, ambos casos extremos son nocivos.



De nuestros resultados se desprende que el exceso de lluvias que pueda ocurrir en el periodo de desarrollo del fruto, incrementaría la probabilidad de que bajen los rendimientos. El cacao es vulnerable a altos porcentajes de humedad prolongada, porque aumenta la presencia del hongo Moniliasis, por lo que se recomienda realizar zanjas de infiltración para evacuar el exceso de precipitaciones.

<sup>8</sup> Altitud 215, latitud 0° 54' 57" S y longitud 79° 14' 44" O.

<sup>9</sup> Esta micro localización es considerada adecuada para el desarrollo del cultivo.

Una opción interesante es la implementación de sistemas agroforestales, que mejorarían el microclima, evitarían la resequedad del suelo, disminuirían la evapotranspiración y permiten optimizar el uso del recurso agua. También puede ser útil el deshierbe manual con la intención de acumular las yerbas o malezas alrededor de la planta, impidiendo la pérdida del agua, y evitando que las plantas se mueran en casos de escasez de agua.

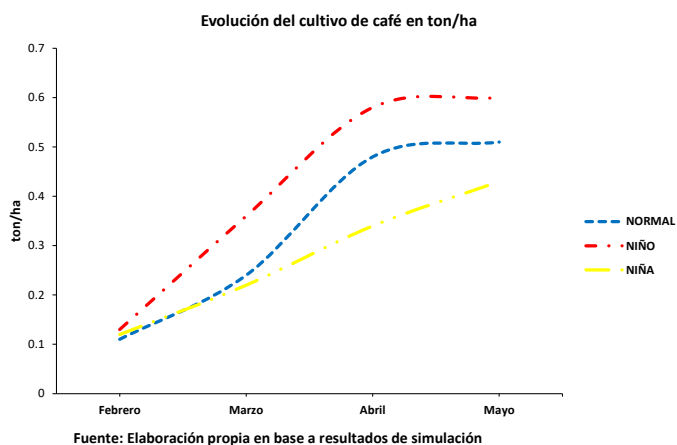
En el mediano plazo se recomienda que los pequeños productores introduzcan prácticas agroecológicas, promuevan un mayor control manual y orgánico de plagas que ataquen el cacao, y prueben variedades que puedan resistir mejor a las variaciones climáticas, principalmente que sean resistentes a las sequías e inundaciones.

### Café en Ecuador

Para la evaluar efectos climatológicos sobre el cultivo del café en Ecuador, se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Lumbaqui, ubicada en la Provincia Manabí. La localización presenta un rendimiento de café de 0,49 ton/ha. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento de este cultivo para los tres escenarios planteados.

En un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0,6 ton/ha, y se esperaría que el incremento de la precipitación aumente la biomasa y la fotosíntesis, generando mayor energía para la planta, provocando la producción de frutos de mejor calidad. El aumento de temperatura ocasionaría que la humedad baje de 95 % a 88 %, que es un rango de humedad aceptable para el desarrollo del cultivo.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0,43 ton/ha. Bajo estas condiciones la planta presentaría déficit hídrico, dada una menor humedad, se generaría estrés, ralentizado el proceso de formación de los frutos, causando que los frutos sean pequeños, desuniformes y de mala calidad. Con una calidad menor del fruto, se esperaría una afectación en la actividad comercial de los pequeños productores.

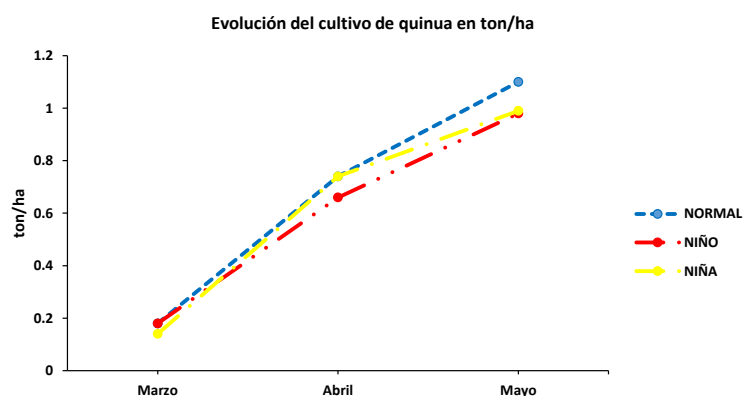


Durante un escenario Normal, se recomienda realizar una buena fertilización de NPK, realizar podas de fructificación e incorporar riego tecnificado, para evitar pérdidas por

evaporación. Cuando se presenta un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se recomienda realizar una buena fertilización, realizar podas de saneamiento y fructificación, para aumentar aun más el rendimiento. En el caso de un episodio de Niña Moderado a Fuerte, se recomienda incorporar riego por goteo para aprovechar al máximo el agua, incorporando por este medio los nutrientes que la planta requiere para la formación de los frutos.

### Quinua en Ecuador

Para la evaluar efectos climatológicos sobre el cultivo de la quinua en Ecuador, se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Puyo, ubicada en la Provincia de Chimborazo. Esta localización presenta un rendimiento de quinua de 1,19 ton/ha, y es considerada como el escenario Normal. En la siguiente figura, se observa la evolución en el rendimiento de este cultivo para los tres escenarios planteados.



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

En episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado sería de 0,98 ton/ha, y se esperaría que el incremento de la temperatura provoque el aborto de flores y muerte de estimas y estambres, reduciendo la formación de grano. Al incrementar la precipitación, aumentaría la humedad, pero la misma se presentaría en los meses de mayor desarrollo del cultivo, lo que facilitaría que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fungosas.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo esperado es de 0,99 ton/ha. Al disminuir la temperatura provocaría una baja floración y un mal llenado del grano. Las bajas precipitaciones son toleradas por este cultivo, dado que es resiliente a las bajas temperaturas y sequías de este tipo .

Cuando se presenta un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se recomienda sembrar variedades resistentes al Mildiu y a una alta humedad como INIA 427 – Amarilla Sacaca o Amarilla Maranganí y que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento. Cuando se presente un episodio de Niña Moderado a Fuerte, se recomienda utilizar riego por aspersión por las mañanas o por las noches para evitar la excesiva evapotranspiración, utilizar variedades resistentes a temperaturas y precipitaciones bajas como el INIA 431 – Altiplano, y la Blanca de Juli o Kankolla.

## 1. Introducción

Por un lado la agricultura es muy vulnerable al cambio climático, y por el otro es un emisor de gases de efecto invernadero<sup>10</sup>; tiene consecuencias sobre la producción agrícola, la seguridad alimentaria y nutricional, principalmente de poblaciones vulnerables. Para el CIAT et. al (2018) en las tres últimas décadas los desastres climáticos<sup>11</sup> costaron a la región más de 72 Mil Millones de \$, y afectaron a más de 3 Millones de personas.

La relación positiva entre el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> y el aumento de la temperatura se traducen en el cambio en los regímenes de precipitaciones, frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, acceso al recurso hídrico y el aumento de plagas y agentes patógenos. Como resultado, en las últimas tres décadas, la productividad agrícola mundial ha caído entre 1% a 5% (Loboguerrero, A., et al. 2018).

Para el IPCC (2018) los escenarios del cambio climático (Anexo 1) en las regiones del trópico y sub trópico serían considerables ante un aumento de 1.7 °C temperatura promedio, y graves ante un incremento de 2°C a 2.5°C de temperatura. El efecto negativo se reflejaría en el rendimiento de cultivos claves para la alimentación, sin embargo, también abre la oportunidad para nuevos cultivos con potencial de valor agregado como los frutales, café y cacao en áreas donde antes no eran aptas.

Los impactos del cambio climático y la variabilidad climática sobre la agricultura, presentan retos integrales y multisectoriales necesarios de solucionar de cara al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas para 2030. En este sentido es necesario promover una agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC)<sup>12</sup>, con énfasis en la agroecología, la resiliencia de los pequeños y medianos productores, la integración de sistemas de alimentación y la consolidación de seguros agrícolas adecuados a la realidad de diferentes tipos de productores y productoras agrícolas.

A nivel socio-económico, es necesario reconocer la incidencia del cambio climático sobre la agricultura, en relación a sus efectos sobre la dinámica migratoria, las relaciones de género y la inclusión social de grupos vulnerables. Estos elementos permiten identificar, diseñar e implementar estrategias efectivas, que mejoren los medios de vida de la población rural. Sin duda, la infraestructura también se encuentra más expuesta a los fenómenos climáticos, y puede ocasionar significativas pérdidas económicas.

---

<sup>10</sup> Se estima que a nivel global es responsable de entre el 19% al 24% de las emisiones

<sup>11</sup> Las precipitaciones en América del Sur han demostrado una tendencia al alza, mientras que en muchas partes de las tierras altas tropicales de América Central y México, se han concentrado y disminuido. En el Caribe, las inundaciones y los ciclones han tenido un gran impacto, provocando derrumbes, destruyendo infraestructura, y afectando la vida y los ingresos de la población agrícola.

<sup>12</sup> Se define como un enfoque que pretende transformar y reorientar el desarrollo agropecuario ante las nuevas condiciones que se presentan con el cambio climático, es decir, determinar de acuerdo al comportamiento climático y las condiciones agroecológicas y biofísicas del territorio, el mejor uso de agua y suelo en la agricultura, aumentando la productividad y competitividad de los sistemas productivos y tratando de reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

El marco conceptual de este trabajo, parte del hecho que el cambio climático impacta negativamente en las actividades productivas de las Organizaciones de Pequeños Productores y Productoras del Comercio Justo (OPP), resultando inaplazable para las OPP el impulsar acciones de adaptación al cambio climático<sup>13</sup>. Por lo tanto, es necesario conocer los impactos del cambio climático a nivel de cultivo, ingresos económicos, medios de vida y entornos rurales.

El impacto del cambio climático sobre el sector agropecuario se debe aproximar desde un enfoque sistémico, que considere la interrelación entre los sistemas de producción, las familias de productoras y productores, sus entornos rurales y todas las formas de vida. Para identificar sus diversos impactos podemos establecer cuatro categorías de incidencia: agronómicas, ambientales, sociales y económicos. Más adelante estas categorías servirán de base para consultar a especialistas en esta temática, respecto al impacto climático en el sector agrícola de dos países, Bolivia y Ecuador (Anexo 2 y 3).

Es importante tener en mente que las manifestaciones climáticas pueden ser graduales, resultantes de los cambios en las magnitudes medias del clima: temperatura, precipitación y nivel del mar; pero también abruptas, resultantes del aumento en la intensidad y frecuencia de la ocurrencia de eventos climáticos extremos. Estos impactos afectan también a los sistemas naturales y humanos asociados (i.e. biodiversidad, agua, suelo, salud, infraestructura, asentamientos humanos, energía, educación y alimentación).

Con todo esto el presente documento analiza el impacto causal que tiene el cambio climático sobre los ingresos agregados del sector agrícola en Bolivia y Ecuador, y el impacto agronómico de la variabilidad climática sobre el rendimiento de cuatro cultivos específicos (i.e. café, cacao, quinua y banana). De esta manera se puede evaluar el impacto a nivel de ingresos agregados de productores y productoras y sus perspectivas de adaptación para cuatro cultivos clave en las OPP.

A nivel metodológico se estima primero, un modelo econométrico que evalúa el efecto económico sobre los ingresos agrícolas “agregados” asociado a pérdidas en el rendimiento del sector<sup>14</sup>. Segundo, se realiza el ejercicio a nivel de impactos agronómicos sobre cultivos específicos (i.e. cacao, café, banano, quinua) que tienen gran incidencia en pequeños productores de ambos países.

En la segunda sección se hace una revisión de la incidencia del cambio climático sobre el sector agrícola en América Latina y el Caribe. En la tercera sección se presenta una panorámica de los impactos climáticos sobre el sector agrícola desde una perspectiva sistémica. En la cuarta y quinta secciones, se presentan la línea de base y los efectos

---

<sup>13</sup> En términos de ajustes en sus sistemas productivos, medios de vida y entornos rurales.

<sup>14</sup> Se tomaron las siguientes variables: PIB agrícola a precios constantes, temperatura y precipitación media, años de escolaridad, presencia de heladas e inundaciones. El período de análisis es de veinte años y la información corresponde a fuentes oficiales de cada país. La descripción en extenso de estos datos se presenta en el texto.

climáticos sobre el sector agrícola en Bolivia y Ecuador. A continuación se sistematizan entrevistas semi estructuradas a especialistas, donde se destacan los aspectos de género. En la séptima sección se presentan los resultados de estimaciones econométricas y simulaciones sobre ingresos y rendimientos en cultivos clave para ambos países. En las dos últimas secciones, se presentan conclusiones y recomendaciones.

## **2. Cambio climático y agricultura en América Latina y el Caribe**

El desempeño de las actividades agrícolas, el rendimiento de los cultivos y sus respectivos ingresos, son consecuencia de una multiplicidad de factores climáticos, socioeconómicos, tecnológicos y de calidad del suelo. Estas relaciones son particularmente relevantes en América Latina y el Caribe, donde el sector agropecuario aportó en 2016 alrededor del 5.3% del PIB regional, concentró al 17% de la población ocupada y representó alrededor del 25% de las exportaciones.

Las actividades agropecuarias en la región se destinan fundamentalmente a la seguridad alimentaria y la exportación. En esta perspectiva contribuyen tanto al bienestar integral de las familias, como al crecimiento económico, aportan al saldo de la balanza comercial, reducen la pobreza, y constituyen una fuente fundamental de subsistencia para la población en áreas rurales en América Latina y el Caribe (23% de la población total).

Es así que los efectos potenciales del cambio climático sobre el sector agrícola, deben verse dentro de un conjunto de complejas condiciones socio-económicas. Dentro de un entorno con alta heterogeneidad entre la producción industrial y de pequeña escala; limitada infraestructura de riego y almacenamiento entre otras. En varios casos también se puede verificar escasa disponibilidad de agua, bajos niveles de productividad en general, limitados recursos económicos disponibles para la adaptación climática y falta de una estructura financiera y de seguros que permitan administrar los riesgos.

Los impactos del cambio climático acontecerán en un escenario de mayor demanda de alimentos y productos agropecuarios, en respuesta al crecimiento de la población mundial. La evidencia demuestra que los mismos ya son observables y que es muy probable que se acentúen en el futuro. En respuesta la agricultura deberá adaptarse para sostener la necesidad de alimentos del planeta, sin exacerbar las condiciones socio-económicas y ambientales de pequeños productores y productoras agrícolas.

Un punto de partida es la evidencia regional, que existe una relación inversa entre los fenómenos climáticos extremos (días extremos de calor o precipitación, sequías e inundaciones) y los rendimientos agropecuarios. De igual manera es evidente el mismo efecto respecto al cambio climático, para las próximas décadas se espera mayores temperaturas, cambios de tendencia en las precipitaciones, una intensificación de los procesos de desertificación y mayor degradación de tierras.



Estos impactos son dinámicos y heterogéneos entre regiones, puede incluso existir ganancias netas locales. Por ejemplo, las regiones de América del Sur que tienen climas cálidos se verán más afectadas respecto a las que tienen climas más fríos y alta disponibilidad de agua (Seo y Mendelsohn, 2008a, 2008b). Al mismo tiempo algunos productos se verán más afectados que otros, por el cambio en la temperatura, la precipitación y el nivel de CO<sub>2</sub> entre los principales factores.

Se desprende del último informe del IPCC (2018) que existen altos niveles de incertidumbre en cuanto a los impactos netos del cambio climático sobre el sector agrícola, debido a que los modelos no pueden captar plenamente las dinámicas integradas del sector, así como la existencia de algunos supuestos que aún están siendo discutidos en la comunidad científica (Mendelsohn y Dinar, 2009,2007; Massetti y Mendelsohn, 2011; Seo y Mendelsohn, 2007; Mendelsohn, 2007; Dinar, 1992, 1991a, 1991b).

Existen varias mediciones que muestran que el impacto del cambio climático en el sector agrícola es significativo, se estima que el aumento de 10% en la temperatura podría ocasionar pérdidas de hasta un 40% en el valor de la tierra. Seo y Mendelsohn (2008a) encuentran que un aumento de 1 °C de la temperatura media reduce los ingresos por hectárea en todos los tipos de granja. Seo (2011) también muestra que los ingresos por hectárea disminuirán tanto para los agricultores de riego como para los de secano, en un escenario de incremento de la temperatura y la precipitación.

La incertidumbre de los impactos y su característica sistémica de retroalimentación, hace que a pesar de los avances científicos y computacionales, usualmente no se incluya adecuadamente el efecto negativo que puede tener un fenómeno climático extremo sobre el sector agrícola (Stern, 2013, 2008). Además de ocasionar una disminución en el rendimiento e ingresos de los productores, afecta la infraestructura sectorial y la de otros sectores, modifica patrones de producción agropecuaria, y afecta directamente a los cultivos de subsistencia.

El cambio de patrones de producción está asociado a la disminución en el rendimiento agrícola, y por lo tanto afecta a los precios de los alimentos, con diversas consecuencias sobre la seguridad alimentaria y la nutrición de la población. También se puede esperar un mayor consumo de agua en actividades agropecuarias como mecanismo de adaptación a las nuevas condiciones climáticas, presionado también el alza de este recurso.

En muchos países la reducción en la producción de alimentos, tendrá también repercusiones en términos de las finanzas públicas y el ritmo de crecimiento económico. A su vez, el ritmo de crecimiento económico incide sobre la pobreza (Bourguignon, 2003,2004; Ravallion, 2004, 2007,2002; OCDE, 2012, 2010, 2007, 1996). Los cambios en la pobreza responden a un cambio en el ingreso medio individual o de modificaciones en la distribución del ingreso (Bourguignon y Morrisson, 2002).

La disminución del ingreso agrícola se traduce en un aumento de la pobreza, y dada esta precarización en las condiciones de vida rural, el cambio climático y su impacto agronómico en la reducción del rendimiento de algunos cultivos, constituye un mecanismo de retroalimentación y magnificación de la vulnerabilidad de los productores y productoras agrícolas. Para romper este círculo vicioso se requieren medidas de adaptación al clima, pero también socio-económicas, que incidan sobre la disminución de estos riesgos.

### **3. Impactos sistémicos del cambio climático sobre el sector agrícola**

El cambio climático impacta negativamente en las actividades productivas de las Organizaciones de Pequeños Productores y Productoras del Comercio Justo (OPP). Por lo que es necesario conocer los impactos del clima a nivel de los sistemas de cultivo, los perfiles de ingreso, estructura de subsistencia y entornos rurales. Sin esta información es muy difícil promover una agricultura sostenible adaptada al clima.

Los sistemas agroclimáticos<sup>15</sup> son complejos, es decir, se interrelacionan y retroalimentan a sí mismos. Consideremos por ejemplo la interrelación del sub-sistema de producción de alimentos, que está vinculado a las familias productoras, los entornos rurales y en extenso a la biodiversidad circundante. Estas interacciones pueden ser graduales, resultado de un cambio medio en los patrones climáticos, o abruptas, es decir, como resultado del aumento en la intensidad y frecuencia de la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

La incidencia de estos impactos climáticos en la agricultura recae al final del día sobre los sistemas naturales y humanos asociados. En todo el mundo se verifican impactos sobre la biodiversidad, agua, suelo, salud, infraestructura, asentamientos humanos, energía, educación y alimentación. Para analizar este conjunto de interacciones (relaciones y retroalimentaciones) puede ser útil definir cuatro categorías de análisis: agronómicos, ambientales, sociales y económicos.

#### **3.1. Impactos agronómicos**

A medida que el cambio climático afecta las condiciones de temperatura, humedad, sequedad del suelo y el aire, ya sea de manera gradual o abrupta, se verifica un cambio en la aptitud de la tierra para el cultivo, se modifica el ciclo fenológico de los organismos vivos, y se observa una mayor incidencia de plagas y enfermedades.

El cambio de aptitud de las tierras afecta las condiciones de fertilidad del suelo, aumenta la no disponibilidad e inseguridad hídrica, y el calor en el aire afecta las condiciones de producción del cultivo (CEPAL 2012). Este tipo de impactos justifican la necesidad de

---

<sup>15</sup> (i) cambios porcentuales en la precipitación acumulada anual, en general con valores descendentes a lo largo y a finales de siglo; (ii) aumento de los valores de temperatura media y valores extremos de temperatura; (iii) modificación de los patrones intra-anales de temperatura y precipitación, y (iv) ocurrencia de eventos climáticos extremos (CEPAL 2012, CEPAL 2011, Magaña, Méndez y Zermeño 2010).

implementar actividades de manejo de los cultivos, y ajustarlas a la cambiante climatología, para mejorar la resiliencia y capacidad de adaptación de los sistemas agropecuarios.

Esta tarea es difícil en un entorno donde las OPP operan muchas veces en condiciones de pobreza multidimensional. En general, existen tres tipos de estrategias ante el cambio en la aptitud de las tierras: (i) identificación de cultivos alternativos en las áreas de mayor cambio, o migración de los cultivos a zonas que mantienen su aptitud<sup>16</sup>; (ii) cambio del uso agropecuario de la tierra; y (iii) adaptación de sistemas productivos y manejos agronómicos a las nuevas condiciones.

### **3.2. Impactos ambientales**

Los impactos climáticos sobre el sector agrícola pueden incidir en la conservación de la biodiversidad. A su vez la biodiversidad incluye a las poblaciones y comunidades, a los ecosistemas y los paisajes. Dado un entorno biodiverso que posibilita el adecuado funcionamiento del ecosistema, es decir, la producción agropecuaria y la sustentabilidad de los entornos rurales<sup>17</sup>; la incidencia negativa del cambio climático afecta estas funciones de múltiples maneras vía la disminución del acervo de capital natural.

Ante un aumento de la temperatura, las áreas boscosas experimentarían reducciones netas, que junto a la creciente deforestación agravarían el problema. Adicionalmente se esperaría una mayor presión sobre áreas forestales, que fragmentarían y reduciría el hábitat de ecosistemas naturales (Läderach et al 2011) y tendrían un impacto social en las familias de pequeños productores y productoras agrícolas.

En general el rendimiento de los cultivos se reduciría por la combinación del efecto de la aceleración en la transpiración de las plantas y el aumento de los niveles de evaporación del agua del suelo, debido al aumento de la temperatura. También los cambios en la lluvia acumulada anual, la modificación de los patrones intra-anales de precipitación y el patrón de variabilidad, y la incidencia de eventos climáticos extremos.

Se esperaría la modificación de las tasas de evapotranspiración, escorrentía y absorción de agua en el suelo, creando condiciones inadecuadas de humedad excesiva o sequedad en momentos específicos del ciclo de desarrollo del cultivo, en los que las plantas requieren cantidades particulares y oportunas de agua para completar su crecimiento, floración y fructificación en el sentido de poder producir óptimas cosechas.

---

<sup>16</sup> En el caso del café no se espera un incremento de las áreas con aptitud, pero si en el caso del cacao (CIAT 2012a, Läderach et al 2011) A pesar de la adecuación de cultivos a nuevas zonas más aptas, igual se espera observar algún cambio en su ciclo fenológico, y por lo tanto cambios en los calendarios de manejo (IPCC 2014b, Vandermeer y Perfecto 2013, PROCAFE 2012, PROMECAFÉ 2012 IPCC 2007b).

<sup>17</sup> Polinización, conservación de agua y suelo, purificación del aire, y obtención de bienes útiles para las comunidades humanas rurales y agropecuarias: alimentos, madera y leña, plantas medicinales, alimentos, materiales de construcción, entre otros.

A partir de 2030, se tendría una mayor cantidad de cultivos que comenzarán a disminuir sus rendimientos; y para finales de siglo, aumentaría el número de cultivos que reportarán pérdidas totales. Al mismo tiempo estaría aumentando progresivamente la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos en muchas regiones (IPCC 2014b).

Para mediados del próximo siglo gran parte de los ecosistemas y especies de la región Latinoamérica, quedarían fuera de su zona de habitabilidad natural, especialmente en las zonas de menor altitud en países como Bolivia y Ecuador. Estos países estarían sufriendo múltiples perturbaciones a nivel de sus funciones ecosistémicas naturales<sup>18</sup>.

El aumento de la temperatura media y extrema, aceleraría la tasa de respiración, acelerando el desarrollo fisiológico y cambios en el proceso fenológico interanual e intra-anual de las plantas. Se acortaría el ciclo fenológico de los insectos, y se intensificarían las enfermedades, es decir, el impacto ambiental retroalimentaría a los impactos agro-socio-económicos, disminuyendo el rendimiento de cultivos y los ingresos de las OPP.

### **3.3. Impactos sociales**

Los impactos sociales en el sector agrícola como resultado del cambio climático son multidimensionales, y están profundamente vinculados a las dimensiones económica, agronómica y ambiental del sistema de producción agrícola. En este sentido afectan de varias maneras el nivel de pobreza multidimensional de las OPP, deteriorando la calidad de vida de las familias rurales y en especial de los miembros más vulnerables (i.e. niños y mujeres).

Entre los impactos más importantes se encuentra la reducción en los ingresos familiares ante eventos climáticos que afectan la producción, situaciones de emergencias y desastres, afectación en la seguridad alimentaria, menor disponibilidad y suministro de agua potable, modificaciones de hábitat de organismos vivos importantes para las estrategias de vida a nivel local, etc., (IPCC 2014b, Aguilar 2014).

Cuando a la vulnerabilidad social propia de muchas comunidades rurales pobres en países como Bolivia y Ecuador, se le añade el riesgo de una mayor variabilidad climática, es de esperar una exacerbación en las condiciones de vida de los pequeños productores y productoras. Por un lado se evidencian daños y pérdidas de viviendas, tierras y equipos,

---

<sup>18</sup> Anomalías en el desarrollo y comportamiento de plantas nativas, perturbaciones en los hábitats, modificación de las respuestas en el calendario estacional de las especies, incluyendo retrasos o adelantos de ciclos reproductivos como floración y fructificación, y cambios en el tamaño y la forma de los organismos (IPCC 2014b, CATHALAC 2008, MARN 2007, IPCC 2007b).

cultivos y ganado. Por el otro lado, se pierden vidas humanas, aumentan las enfermedades, disminuye la seguridad alimentaria<sup>19</sup>, las personas migran, etc.

### **3.4. Impactos económicos**

Por un lado, los impactos económicos que sufren las OPP como resultado del cambio climático, están directamente asociados con la pérdida de los rendimientos de los cultivos por diversas causas agronómicas. Por el otro lado, se vinculan de manera indirecta con las condiciones del entorno de la población, es decir, su nivel de pobreza, infraestructura y grado de inclusividad socio-económica.

Ante la disminución en el rendimiento en la producción agrícola, las OPP pierden oportunidades comerciales y de negocios, y precarizan sus condiciones para afrontar futuros eventos externos negativos climáticos y de otra índole. También se requiere una mayor contratación de mano de obra y de tiempo para las actividades de manejo. Finalmente, es necesario reparar y en algunos casos reponer infraestructura, equipos, caminos, etc.

El cambio climático actual y proyectado y su creciente variabilidad muestran que los impactos sobre los rendimientos continuaran, por lo que es necesario que las OPP estén preparadas para invertir en medidas de adaptación planificada. También resulta claro que el grado de vulnerabilidad económica se podría mitigar en la medida que las OPP contarán con instrumentos financieros adecuados a su realidad, que les permitan reducir la exposición al riesgo.

## **4. Características del sector agrícola bajo estudio**

En la siguiente sección se presentan los principales elementos que describen al sector agrícola en Bolivia y Ecuador. Dada la complejidad diagnóstica del sector nos centramos en aspectos socio-económicos como ser la superficie agrícola, la evolución del PIB agrícola, el empleo sectorial, el rendimiento de la producción agrícola, y la evolución de la población rural.

### **4.1. Línea base en Bolivia**

Bolivia está ubicada en la zona inter-tropical en el centro de América del Sur. La Cordillera de los Andes en la parte occidental y central del país, introduce grandes variaciones en los rasgos biofísicos, en cuanto a formas del terreno, clima, suelos y vegetación (Morales et al., 2000). Se considera que el país tiene tres macro-regiones: i) la altiplánica, que presenta un clima frío y con baja precipitación; ii) la de los valles, que se encuentra entre el altiplano y

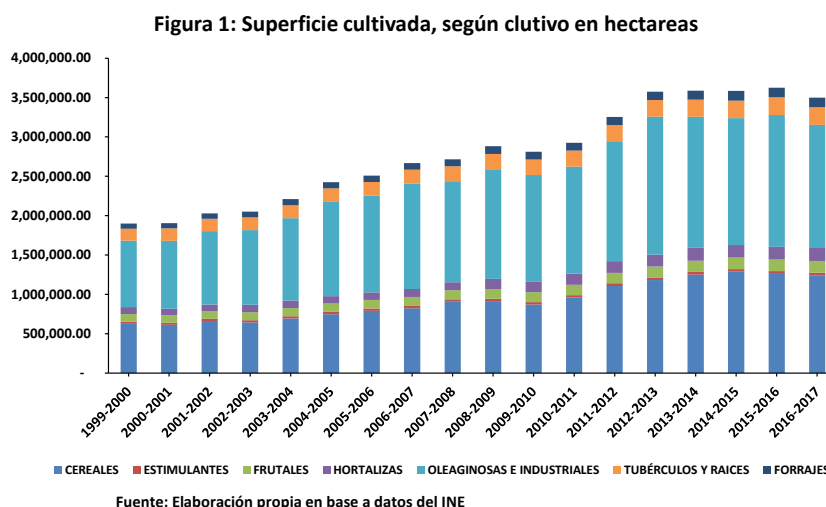
---

<sup>19</sup> Se comprometen varias dimensiones que hacen al desempeño de la seguridad alimentaria: i) el acceso continuo; ii) la utilidad biológica; y iii) la adecuación alimentaria.

los llanos orientales, y presenta un clima templado a cálido; y iii) los llanos, que se ubican al norte y este de la cordillera Oriental y tienen un clima tropical.

En el año 1990 la superficie agrícola efectiva del país era de 1,088,803 hectáreas, mientras que para el año 2017 se estimó que la misma alcanzó las 3,498,203 ha, con una TCC<sup>20</sup> anual de 3.66% entre 2000-2017. La participación de las diferentes categorías de cultivos a nivel nacional se mantuvo estable en las dos últimas décadas.

Para el 2017 se estima que los cereales representaron el 35.5% de la producción total, con una TCC de 4.11%; los estimulantes 0.98% con una TCC de 1.23%; frutales 4.22% con un TCC de 2.51%; las hortalizas 4.74% con una TCC de 3.91%; las oleaginosas y otros industriales 44.69% con una TCC de 3.69%; los tubérculos y raíces 6.44% con una TCC de 2.35%; los forrajes 3.44% con una TCC de 3.63% (Véase, Figura 1).



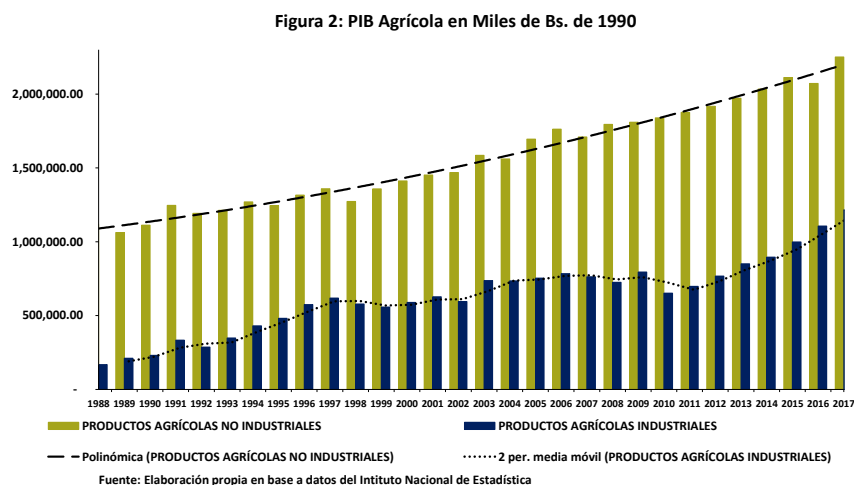
La agricultura presenta un dualismo entre la producción tradicional, destinada al mercado local y para el consumo de subsistencia, y la producción industrial que está organizada a mayor escala, parcialmente mecanizada, y con una fuerte orientación hacia la exportación (UDAPE, 2004). Para Ribero y Aliaga (2014), la producción industrial durante la última década se focaliza en la producción de proteínas industriales de origen vegetal<sup>21</sup>, la cual se exporta en su mayoría como alimento balanceado y aceite.

Como se puede observar en la Figura 2, el Valor Agregado Bruto del sector agrícola creció a una TCC de 4.09% para el período 2000-2017. Por su parte el producto agrícola no industrial creció a un TCC de 2.78%, y el producto agrícola industrial a una TCC de 4.35%. Sin embargo, es importante notar que en términos de valor, el producto industrial fluctúa entre 35% a

<sup>20</sup> Tasa compuesta de crecimiento anual para un determinado período.

<sup>21</sup> El 80% se convierte en torta de soya y el 20% en aceite vegetal. De esta producción solo el 5% se queda en el mercado local.

38% del valor agregado del sector, y está concentrado en oleaginosas y otros productos industriales, donde destaca la soya.



Por su parte el producto agrícola no industrial fluctúa alrededor del 65% del valor agregado bruto del sector. Son los pequeños productores y productoras, los que abastecen el mercado local con productos principalmente altos en carbohidratos (e.g. papa, quinua, haba, etc.). Ribero y Aliaga (2014) muestran que en los últimos años las importaciones de frutas y verduras superan el 50% del total de la oferta interna<sup>22</sup>.

El sector agrícola en Bolivia muestra un escenario caracterizado por un segmento industrial muy concentrado en la producción de oleaginosas, y un bajo nivel de seguridad alimentaria. En este contexto se espera que en las próximas décadas la diferencia entre productores tradicionales e industriales vaya desapareciendo gradualmente<sup>23</sup>, debido a la gran brecha en el ingreso que existe entre ellos.

La cantidad de tierra cultivada por persona, determinará en gran medida el nivel de ingresos en el sector agropecuario. Dado que la Población Económicamente Activa (PEA) en el sector crecerá lentamente, producto de la migración, mientras que la tierra cultivada crecerá a una tasa de 2.72% y 2.9%, es de esperar que la tierra cultivada por persona aumente significativamente<sup>24</sup>, y con ello los ingresos agregados, pero no necesariamente los individuales.

Suponiendo un nivel constante de rendimiento agrícola en el tiempo, un mayor número de superficie cultivada por persona, incrementaría el PIB agrícola, pero no necesariamente su productividad. Para Aliaga (2010; 2015) el porcentaje de la población que se dedica a la agricultura y ganadería decrecerá en el tiempo, pero la participación del sector en el PIB se mantendría estable, es decir, que pasaría de un 9,2% del PIB en el año 2000 a un 8,97% del

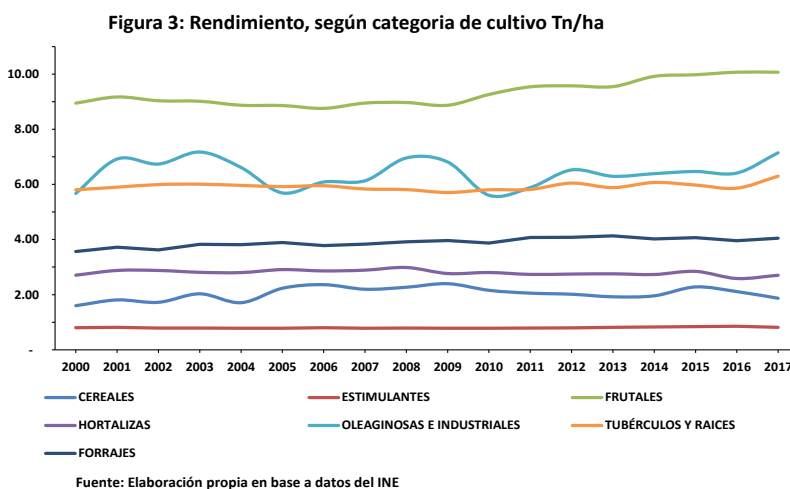
<sup>22</sup> A pesar de cumplir con las condiciones agrícolas para la producción de este tipo de alimentos.

<sup>23</sup> Los pequeños productores constituirían *clusters* de producción con agricultores industriales del oriente, porque es donde existen mayores oportunidades de expansión de la frontera agropecuaria.

<sup>24</sup> Este comportamiento explica la tendencia de transición entre agricultura de pequeña escala y de escala industrial.

PIB el año 2025<sup>25</sup>. Este resultado es consistente con una mayor superficie cultivada por persona – un menor número de personas, que generan mayor ingreso agregado<sup>26</sup>.

En la Figura 3, se observa la evolución en el rendimiento de las diferentes categorías de cultivos en Bolivia para el período 2000-2017. Los cereales muestran una TCC de 0.92%; los estimulantes una TCC de 0.12%; los frutales una TCC de 0.70%; las hortalizas una TCC de 0% y en algunos años incluso negativa; las oleaginosas y otros industriales una TCC de 1.37%; los tubérculos y raíces una TCC de 0.48%; y forrajes una TCC de 0.75%. El sector agrícola tradicional muestra muy bajos rendimientos, y el sector industrial - las oleaginosas - muestra un rendimiento muy asociado al ciclo económico.



También se espera que la tasa de crecimiento de la población rural sea menor en la próxima década, debido a la alta migración rural a las zonas urbanas. Este patrón tiene importantes implicaciones para el empleo, la distribución de tierra, los ingresos, y deforestación. En el año 2000 del total de la PEA<sup>27</sup>, se estima que el 34% estaba empleada en el sector agropecuario. De acuerdo a las estimaciones realizadas en este trabajo, se espera que para el año 2025 se empleen unos 1,65 millones de personas en el sector agropecuario.

Finalmente, dada la actual expansión de la frontera agropecuaria<sup>28</sup>, se espera que el nivel de deforestación aumente de aproximadamente de 10 millones hectáreas en 2014 a 37 millones hectáreas al final del siglo. Sin embargo, hacia mediados del siglo, el acceso a bosque plano y accesible se volvería más restringido<sup>29</sup>, la escasez obligaría a los agricultores

<sup>25</sup> Se supone que no existe restricciones a la tenencia de tierra, con una tasa de crecimiento promedio del sector de 2,72% por año al 2025. El sector tradicional se reduce a tasas muy bajas, mientras el sector industrial crecería a una tasa media anual de 6.34%.

<sup>26</sup> Para el año 2000 la población que trabaja en el sector agropecuario ganaba en promedio solo el 40% de lo que ganaba en promedio la población en el resto de los sectores, por eso aunque se esperan mayores ingresos en este sector, la población tiene fuertes incentivos para migrar.

<sup>27</sup> La PEA era de 3.8 Millones de personas.

<sup>28</sup> Las áreas abandonadas o en descanso están creciendo rápidamente en Bolivia estos años, por el fácil acceso a tierras boscosas que puedan ser deforestadas a bajo costo.

<sup>29</sup> Hasta el fin del siglo, no va a haber escasez de tierra, lo que permita expansión de la superficie cultivado sin obligar a los agricultores intensificar y mejorar rendimientos. Esto significa un leve aumento en el PIB agropecuario por hectárea cultivada, pero el aumento en PIB agropecuario por hectárea deforestada es mayor.



a reutilizar tierras que estaban en descanso, y a introducir nuevas prácticas y tecnologías de producción.

#### **4.2. Línea base en el Ecuador**

Para el INEC (2017) la superficie agropecuaria total del país es aproximadamente de 25.637.000 hectáreas; durante el año 2016 se utilizó solo el 19% de la misma. A pesar de ello, cerca del 97% de los bienes alimenticios básicos que se consumen en el país son producidos internamente (MAGAP, 2016). En este sentido se considera que el Ecuador tiene un nivel de seguridad alimentaria<sup>30</sup> aceptable, con suficiente variedad de alimentos, pero no plenamente seguro.

Ecuador se divide en cuatro regiones naturales: costa, sierra, amazonia y la región insular (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012, 2017). La región costera representa el 49% de la superficie agrícola total, donde destacan las provincias de Manabí con 1,2 millones de hectáreas aptas para el cultivo, y la provincia de Guayas con 822 mil hectáreas (SIPA & Ganadería, 2016). La producción agrícola en el país es amplia y variada con productos como el café, banano y cacao<sup>31</sup>, los cuales generan significativos ingresos al país.

En la década de los 70s el sector agrícola representaba cerca del 30% del Producto Interno Bruto (PIB), y de acuerdo con el MAGAP (2016) está participación bajó a un promedio de 8,9% del PIB durante el período 2010-2016. Sin embargo, el 47% de la producción agrícola aún es utilizada como insumo de otros sectores, donde las principales materias primas agrícolas son: cereales, azúcar, maíz, aceites comestibles o no comestibles (Universidad Técnica del Norte, 2017).

Durante la última década el PIB Agrícola mostró una participación de cerca al 8% del PIB de toda la economía. Como se observa en la Figura 4<sup>32</sup>, durante ese mismo período el PIB Agrícola creció a una TCC de 3.37% por año. En este escenario se destaca el crecimiento del banano, café y cacao, a una tasa anual de 3.28%, y de las flores con 3.94% anual. Las exportaciones agropecuarias del banano (44,7%), flores naturales (14,4%), y cacao (5.8%), constituyen el 64,9% de las exportaciones del sector.

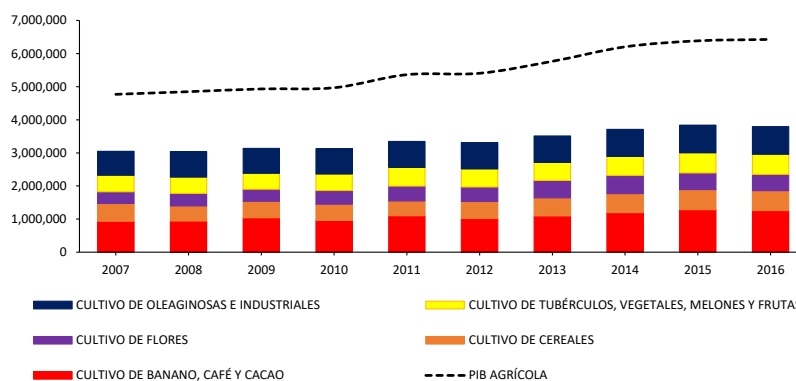
---

<sup>30</sup> Del total de la producción agrícola se destina el 65% a la venta doméstica y de exportación, y el 35% se reserva a la reproducción social de la unidad productiva (semillas, alimento para animales, autoconsumo y otros usos no comerciales) (MAGAP, 2016).

<sup>31</sup> De un total de 120 productos cultivados en el país en el año 2016, el 71% está concentrado en diez productos, divididos en tres ramas: (1) banano, café y cacao; (2) oleaginosas; (3) cereales; y (4) resto de productos agrícolas.

<sup>32</sup> La diferencia entre las pilas que reflejan el valor agregado por tipo de cultivo y la trayectoria del PIB Agrícola se debe a que no se está tomando en cuenta, por fines de ilustración, rubros como ganadería, acuicultura, etc.

Figura 4: PIB Agrícola en Miles de Dólares del 2007



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Central del Ecuador

El sector agrícola<sup>33</sup> también es el principal generador de empleo<sup>34</sup> en el Ecuador, con un 25,61% de la PEA que fluctúa alrededor de 1,600.000 personas. Sin embargo, la población ocupada ha ido disminuyendo en la última década a una tasa media anual de -2.9%, pasando de un 70% en el año 2007 al 54% en 2016. Al igual que en el resto de países de América Latina, este fenómeno se explica por la continua migración rural a las zonas urbanas<sup>35</sup>.

De acuerdo al INEC (2016) el 35% de los empleos del sector agrícola son por cuenta propia, el 23% es ocupado por jornaleros y empleados y un significativo 42% por trabajadores no remunerados (Instituto de Estadísticas y Censos, 2016), con un alto porcentaje de mujeres vinculadas a la actividad agrícola. También existe un porcentaje significativo de productores con más de una actividad que se mueven estacionalmente.

De acuerdo al informe de Productividad Agrícola (2018) el año 2016 el sector alcanzó un indicador de productividad<sup>36</sup> de 98.89, es decir, se redujo 1.11% respecto al año 2015. Por un lado, se observó en el último año una disminución en el rendimiento del arroz, palma africana, cacao y caña de azúcar<sup>37</sup>. Por el otro lado, cultivos como café y maíz suave registraron mejoras en su rendimiento. La disminución de la productividad, como era de esperar se tradujo en una disminución del PIB agrícola en 0.8% respecto al año 2015.

Evaluando la trayectoria de la productividad agrícola desde el 2003, se puede observar que en los años 2009, 2012 y 2016 el índice de productividad ha tenido una variación negativa. En el caso del arroz, el rendimiento disminuyó 9% respecto al año 2015, debido a problemas fitosanitarios. El cacao también redujo su rendimiento en 6%, debido a enfermedades

<sup>33</sup> Se toma en cuenta la agricultura, ganadería, silvicultura, y pesca.

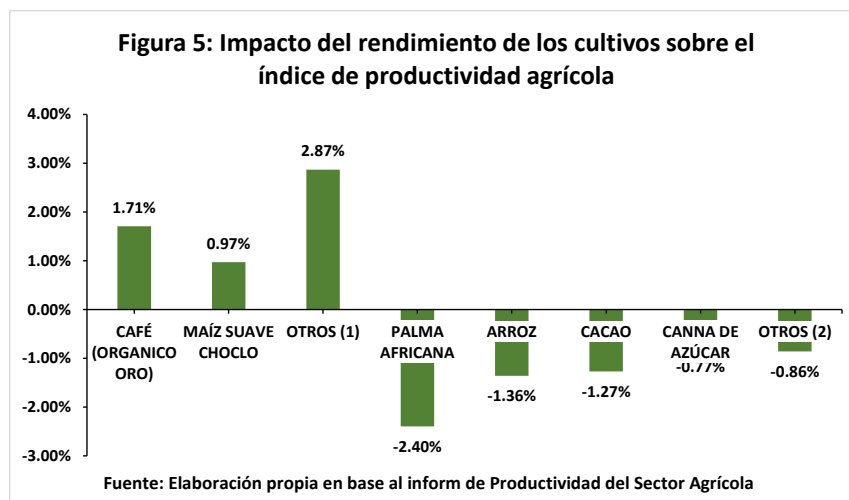
<sup>34</sup> Este tipo de empleo es estacional, y depende en gran medida del tipo de cultivo (permanente o transitorio) y se considera en gran medida de mano de obra no calificada (MAGAP, 2016).

<sup>35</sup> De acuerdo al último censo de población de 2010, el 37% de la población vive en zonas rurales y más del 66% se encuentra en condiciones de alta pobreza. \*

<sup>36</sup> Para Dharmasiri (2009) la productividad agrícola de la tierra se explica en base a la producción de los cultivos en términos de su rendimiento por unidad de tierra. La productividad de una región micro o macro está muy influenciada por factores físicos (clima, suelo, agua), socioeconómicos, políticos, institucionales y de organización.

<sup>37</sup> En conjunto representan el 55% de la superficie cosechada a nivel país.

propias del cultivo. La palma africana bajó su rendimiento en 18% respecto al 2015, debido a las malas condiciones vegetativas y enfermedades. La caña de azúcar disminuyó su rendimiento en 16%. Por otro lado, el café y el maíz mostraron mejoras en su rendimiento el año 2016. En la Figura 5, se observa el impacto del rendimiento por cultivo en el índice de productividad agrícola.



## 5. Efectos climáticos en el sector agrícola

En esta sección se presenta una **revisión de literatura actualizada, sobre los efectos del cambio climático sobre el sector agrícola en Bolivia y Ecuador**. Se destacan los estudios relativos a cambios en la temperatura, precipitación, variabilidad climática, y los efectos de los fenómenos climáticos sobre el rendimiento de cultivos y el ingreso agrícola.

### 5.1. Impactos en Bolivia

Para Andersen (2014) en el escenario A2<sup>38</sup>, las temperaturas medias aumentarían entre 3,4 °C y 5,1°C, dependiendo del lugar. Se esperaría un mayor calentamiento en el norte del país y en el Altiplano para finales de siglo. Como referencia, en un escenario climático B2<sup>39</sup>, las temperaturas medias aumentarían entre 2,4 y 3,7°C en Bolivia.

A mediano plazo la precipitación muestra un cuadro más variable que la temperatura, y en promedio disminuiría en la zona altiplánica hasta en 16%, y se incrementaría hasta en 44% en las zonas bajas. El máximo incremento en la precipitación se observaría en la zona este de los Andes. Como resultado, para un escenario A2 a muy largo plazo<sup>40</sup> se esperaría un cambio en rendimientos de los cultivos de -10 a -30% sin tomar en cuenta otros efectos.

<sup>38</sup> El escenario A2 supone un mundo muy heterogéneo con aumento continuo de la población global; con crecimiento económico regionalmente orientado y más fragmentado y más lento que en otros escenarios (IPCC, 2000).

<sup>39</sup> El escenario B2 supone un mundo en el cual el énfasis está sobre soluciones locales para la sostenibilidad económica, social, y ambiental, con la población continuamente creciente (menor que en A2) y con un desarrollo económico intermedio.

<sup>40</sup> Horizonte temporal entre 75 a 100 años.

El impacto de la variabilidad climática y del cambio climático es incierto, y por lo tanto riesgoso. El comportamiento de estas variables es particularmente relevante para las OPP más expuestas a los mismos, es decir, sujetos una mayor variabilidad que se traduce en una mayor vulnerabilidad<sup>41</sup>. El conocimiento imperfecto del futuro presenta el desafío de caracterizar la variabilidad climática<sup>42</sup>, y proteger eficazmente a los pequeños productores agrícolas del impacto adverso del clima.

En última instancia los impactos climáticos en el sector agrícola se reflejan en la variación en el rendimiento de diversos cultivos. Los estudios agronómicos de cultivos específicos son adecuados para establecer maneras adecuadas para adaptarse a cambios climáticos ya ocurridos, mediante la identificación de las restricciones más críticas de un cultivo a un lugar concreto<sup>43</sup>.

En Bolivia la probabilidad de cultivar tubérculos disminuye a mayor temperatura, mientras que la de cereales aumenta. La producción de frutas, estimulantes y productos industriales tiene pocas probabilidades de ser cultivados, donde se verifican incrementos en la temperatura. Ante una mayor precipitación la probabilidad de producción de cereales aumenta, mientras que en lugares secos la probabilidad de producción de tubérculos es mayor. Estos patrones ayudan a suavizar la volatilidad de los ingresos agrícolas.

También existen numerosos estudios respecto al efecto de CO<sub>2</sub> sobre los rendimientos de diferentes cultivos en Bolivia (e.g. soya, arroz, maíz y papa). En general para Bolivia se espera un aumento de CO<sub>2</sub> durante el presente siglo. En el escenario A2 se llegaría a una concentración de CO<sub>2</sub> ligeramente superior a los 800 ppm al final del siglo, mientras que en el escenario B2 se llegaría solo a 600 ppm.

El aumento de eventos climáticos extremos<sup>44</sup> es recurrente en Bolivia, y se esperaría que su frecuencia y severidad aumenten, sobre todo para cultivos como el maíz, quinua, papa, cebada, trigo, banano, plátano, cebolla, haba, yuca, alfalfa, arveja y fréjol (Arenas, 2014). De acuerdo a los modelos climáticos estos episodios se focalizarían en los departamentos de Beni y Santa Cruz, que históricamente absorben el 86% de estos impactos.

Por simplicidad métrica consideramos como efecto bruto o agregado del cambio climático, aquellos cambios atribuidos a modificaciones en la temperatura y precipitación sobre los

---

<sup>41</sup> Entendemos la Vulnerabilidad Agrícola como  $VA=VS+VP+VVC+VSA$ , donde VA = Vulnerabilidad agrícola; VS = Vulnerabilidad social; VP = Vulnerabilidad productiva; VVC = Vulnerabilidad a la variabilidad climática; VSA = Vulnerabilidad a la seguridad alimentaria.

<sup>42</sup> Caracterizar la variabilidad climática en el sector agrícola respecto a las variables de precipitación, equivale a evaluar el grado de protección que se puede brindar a un grupo vulnerable ante una variable aleatoria, por ejemplo mediante mejoras en el diseño de seguros agrícolas.

<sup>43</sup> Estos modelos pueden recomendar: cambio en la fecha de siembra; introducción de riego; cambio a otra variedad más apropiada; o cambio a otro cultivo más apropiado.

<sup>44</sup> En un clima más caliente, el aire suele contener más humedad, y por lo tanto puede pasar más tiempo sin lluvia, pero que una vez que se llega al punto de saturación, la lluvia cae con más fuerza. Esto dificulta la absorción del agua en los suelos, llevando a problemas de inundaciones

rendimientos<sup>45</sup> de los cultivos, sin tomar en cuenta efectos dinámicos como ser el CO2. Para Andersen (2014) en un escenario climático extremo, el efecto bruto del cambio climático sobre el sector agrícola ocasionaría una reducción en los ingresos del 20% a nivel nacional.

Para Aliaga (2010) en un escenario climático extremo, la variación de temperatura explica cerca del 82% de la pérdida de los ingresos agrícolas, y la precipitación<sup>46</sup> el 17%, en ausencia de cambios en la tecnología de producción<sup>47</sup>. En la Tabla 1, se presentan los impactos brutos, comparado las estimaciones de Andersen (2014)<sup>48</sup> y de Aliaga (2010)<sup>49</sup>.

Como se puede observar todos los departamentos pierden, aunque algunos más que otros. Los departamentos de Santa Cruz y Oruro ganan por el aumento en la precipitación de áreas que actualmente tienen escasez hídrica, mientras que Pando perdería por recibir aún más precipitación en una región actualmente muy húmeda.

**Tabla 1: Impacto bruto del cambio climático sobre los ingresos agrícolas en Bolivia**

Departamento	Andersen (2014)			Aliaga (2010)		
	% Temperatura	% Precipitación	%Total	% Temperatura	% Precipitación	%Total
Beni	-22.9%	-3.1%	-26.0%			
Chuquisaca	-19.8%	-8.2%	-28.0%			
Cochabamba	-18.2%	-7.8%	-26.0%			
La Paz	-6.9%	-1.1%	-8.0%			
Oruro	-8.0%	1.0%	-7.0%			
Pando	-16.7%	-3.3%	-20.0%			
Potosí	-22.0%	-12.0%	-34.0%			
Santa Cruz	-21.9%	3.9%	-18.0%			
Tarija	-15.3%	-4.7%	-20.0%			
Bolivia	-17.2%	-2.8%	-20.0%	-21.0%	-4.4%	-25.4%

Fuente: Elaboración propia

Ante una adaptación planificada con costos moderados, parece ser que los impactos del cambio climático pueden ser mitigados en gran medida. Para un clima más caliente, los agricultores del altiplano podrían introducir otros cultivos más lucrativos. Sin embargo, el

<sup>45</sup> Partimos del supuesto que los rendimientos actuales de los cultivos sujetos de estudio se encuentren cerca del óptimo, y cualquier cambio en el clima, reduciría los rendimientos.

<sup>46</sup> Estos porcentajes están claramente sobreestimados, debido a que no se toma en cuenta factores dinámicos, como ser el efecto del CO2 en los cultivos, y la sustitución de cultivos entre otros. El efecto total del clima sobre los ingresos es mucho menor, pero depende de cada cultivo.

<sup>47</sup> Considerando que el capital utilizado en la producción agropecuaria tiene un tiempo de vida corto (5 a 10 años), un productor agropecuario puede cambiar entre 2 a 5 veces su capital de trabajo en el periodo de 25 años, por lo que es razonable esperar que los productores agropecuarios tengan muchas más oportunidades de reemplazar su capital de trabajo y sus prácticas de producción que otros sectores.

<sup>48</sup> En Andersen (2014) se estima el impacto bruto del cambio climático sobre el nivel de ingresos por departamento, y a nivel precipita para el año 2100 en el escenario A2 del IPCC (2000).

<sup>49</sup> En Aliaga 2010, se utiliza un CGE agregado, y se simula los efectos para el periodo 2010-2020 sin tomar en cuenta un escenario climático específico.

problema se encuentra en lugares actualmente cálidos, con una menor posibilidad de sustitución, dado que estén produciendo cultivos más aptos para ese tipo de clima.

Para Andersen (2014) el efecto neto del cambio climático sobre el sector agrícola disminuye a solo 5% de los ingresos. El departamento de Potosí se beneficiaría del aumento en temperaturas, pero pierde por reducciones en precipitación, con un efecto neto en los ingresos de -7%. El departamento de Beni es el que tendría mayores pérdidas, con una reducción en sus ingresos rurales per cápita de 20%.

## 5.2. Impactos en el Ecuador<sup>50</sup>

El Ecuador es considerado un país mega diverso, debido a su clima, ubicación geográfica entre otros factores (CEPAL, 2012), pero al mismo tiempo es un país vulnerable al cambio climático, con limitada capacidad de adaptación a los efectos producidos por este fenómeno, debido a su nivel de pobreza y la ubicación geográfica (Gallegos Garzón, 2015). Las condiciones climáticas del país están caracterizadas por dos estaciones al año, que son la lluviosa y la seca, la Amazonia es la excepción, debido a sus lluvias permanentes.

Para el INAMHI (2015) la temperatura del país muestra una tendencia creciente, tanto para las variaciones interanuales como en las inter estacionales. En los últimos años la temperatura media subió 1,6°C en las zonas urbanas, 1,5°C en las zonas rurales y entre 0,5°C a 1°C en la zona urbana marina. Este patrón es consistente con las trayectorias de largo plazo del MAE (2011) que estimó un incremento en 0.8 °C en la temperatura media anual, de 1.4 °C en la temperatura máxima absoluta, y de 1.0 °C en la temperatura mínima absoluta, para el período 1960-2006.

Por su parte las precipitaciones mostraron mayor variabilidad en cantidad frecuencia e intensidad, donde se destaca una tendencia a la disminución en la región del litoral. Las estimaciones muestran que se incrementaría la lluvia anual en más 30% para la zona costera y cerca de 10% en la región interandina. También se observarían cambios en los patrones temporales de las lluvias<sup>51</sup>, con precipitaciones extremas<sup>52</sup>.

Para el período 2015-2029, se proyecta un calentamiento gradual para todo el territorio ecuatoriano, excepto para la costa Pacífica de Sudamérica. Se esperarían incrementos en la intensidad de las lluvias para la región costera. Para la región de la sierra, se estiman tanto incrementos como decrementos en la intensidad de las lluvias, dependiendo de la ubicación. En la Amazonia cercana a las laderas andinas, se proyectan múltiples zonas con

---

<sup>50</sup> En la costa el clima predominante es super húmedo (A), húmedo (B3) y subhúmedo (C2) en lo que se refiere al índice hídrico; según el régimen térmico la costa tiene un clima cálido (A'). En cuanto a la región sierra, el índice hídrico indica que es seco (D) y árido (E); mientras que el régimen térmico indica que la temperatura corresponde a semifrío (B'1), templado frío (B'2) y templado cálido (B'3). En la Amazonia se destaca el clima super húmedo (A) y húmedo (B3), en cuanto a la temperatura la Amazonia es cálida (A').

<sup>51</sup> Con mayores retrasos en el inicio de la época lluviosa y finalización anticipada y en algunos casos mayor intensidad de las lluvias.

<sup>52</sup> Es evidente el aumento de los días secos consecutivos en la zona central y de los períodos con lluvias persistentes en el norte de la costa, pie de la cordillera andina y la Amazonia y sierra. Por su parte la provincia de Manabí se ha vuelto proclive a una mayor frecuencia de eventos secos y húmedos extremos.

incrementos de las lluvias, mientras que al oriente en promedio se proyectan decrementos o muy ligeros incrementos (MAE, 2011)<sup>53</sup>.

Para la Fundación Carolina (2016), el cambio climático incide principalmente en la variación de temperaturas y las precipitaciones, afectando el rendimiento de cultivos, los ciclos de crecimiento, y la presencia, proliferación o disminución de plagas. Para la CEPAL (2014) el fenómeno del Niño tiene efectos regionales y locales en el Ecuador debido que se ha incrementado su intensidad y frecuencia de manera significativa.

En base a información secundaria del INAMHI (2017) y del Banco Central del Ecuador (2016), se estimó que la superficie agrícola útil durante la última década producto de los efectos de sequías, plagas, heladas, enfermedades, etc., se vio afectada de manera agregada entre -3.5% y -10% cada año, dependiendo de la intensidad y frecuencia del fenómeno. El efecto bruto de cambios en la temperatura, precipitación y otros fenómenos climáticos, hace que la superficie agrícola útil fluctúe entre 4.5 a 5.7 Millones de hectáreas.

## 6. Valoración de expertos agrícolas

Para la presente investigación se elaboró un cuestionario de entrevista semi-estructurada, conformada por tres preguntas abiertas y dos tablas de doble entrada. Estos instrumentos tienen el propósito de valorar<sup>54</sup> la combinación de riesgos y factores de riesgo que impone el cambio climático sobre el sector agrícola en Bolivia y Ecuador, desde la mirada de especialistas, para comparar la percepción de los mismos en relación a la revisión de literatura realizada.

### 6.1. Experiencias en Bolivia

En la Tabla 2 se observan los factores de incidencia que tiene el cambio climático en la agricultura del país, bajo diferentes riesgos y por orden de valoración: (1) temperaturas extremas; (2) precipitación extrema; (3) aumento de la deforestación; (4) tendencia a la sequía; (5) tendencia al aumento de temperatura; (6) concentración de CO<sub>2</sub>; y (7) cambio en la cubierta de nieve.

Los factores que más inciden en la disminución de los ingresos agrícolas, son los cambios extremos en la temperatura y la precipitación, y tendencia a las sequías. Es interesante notar que el cambio de tendencia en la temperatura no es aún considerado como un factor que afecte significativamente a los ingresos agrícolas.

En relación al aumento de la deforestación, este es un problema ambiental muy importante para el país con una muy alta tasa de crecimiento. En el sector agrícola la tala de árboles se

---

<sup>53</sup> De acuerdo al MAE (2011) en un escenario de cambio climático optimista (+1 °C y +20% de lluvias) y otro pesimista (+2 °C y -15% de lluvias), los impactos sobre la superficie y producción agrícola mostrarían reducciones de -51% en superficie cultivada y de -60% en producción para el arroz, y de -38% en superficie cultivada y -34% en producción para la papa.

<sup>54</sup> La valoración de estos factores se utilizó una escala de Likert, tal que "0" corresponde al mínimo riesgo y 5 al máximo riesgo. Los criterios de valoración son el resultado de una extensa revisión de literatura, y se aplicaron a cinco especialistas en cada país.

traduce en la expansión de la frontera, principalmente para el cultivo de la soya. Este será uno de los mayores problemas agro-ambientales en las próximas dos décadas.

**Tabla 2: Incidencia del cambio climático en la agricultura de Bolivia**

Riesgos\Factores	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Concentración de CO2	Tendencia al aumento de temperatura	Tendencia a la sequía	Cambio en la cubierta de nieve	Aumento de la deforestación
1 Disminución de la producción y calidad de los alimentos	4.5	4.3	1	1.5	3	0	0
2 Ingresos más bajos en la comercialización de los productos	4	4	1	1	1	0	0
3 Precios más altos	3	3	1	1	1	0	0
4 Derretimiento de los glaciales e inundaciones por precipitación extrema	0	0	0	4	3	4	0
5 Modificación del cambio de uso del suelo	0	0	1	1	0	0	4
6 Desaparición de bosques	0	0	1	2	0	0	5
7 Desaparición de biodiversidad	0	0	3	2	0	1	4
8 Pérdida de servicio eco sistémico	0	0	3	2	0	1	4
9 Disminución de ingresos de la población agrícola	4	4	0	0	4	0	1
10 Aumento en la desigualdad de ingresos	4	4	0	0	3	0	1
<b>Total</b>	<b>19.5</b>	<b>19.3</b>	<b>11</b>	<b>14.5</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>19</b>

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas semi estructuradas a especialistas

En la Tabla 3 se observa que: (1) el principal factor que afecta al cultivo del banano es la variabilidad climática; las sequías afectan la adecuada distribución de la lluvia, junto con los episodios de temperatura extrema; (2) los dos principales factores de incidencia para el cacao son la tendencia a la sequía y la precipitación extrema; (3) el principal factor de afectación del cultivo del café es la precipitación extrema; y (4) en el caso de la quinua la precipitación extrema es importante, pero menos que en los otros cultivos.

**Tabla 3: Incidencia del cambio climático en la agricultura de Bolivia por tipo de cultivo**

Cultivos\Factores	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Tendencia al cambio de temperatura	Tendencia a la sequía	Comentario
<b>Banano</b>	4.0	3.0	3.0	4.5	Temperaturas inferiores a 15 °C y próximas 45°C se detiene el crecimiento y se producen daños. A partir de 35°C C se observa un deterioro en el rendimiento del producto. Se requieren lluvias prolongadas y bien distribuidas a lo largo del año.
<b>Cacao</b>	3.0	4.0	3.0	4.5	Cultivo que requiere precipitaciones de buena distribución a lo largo de los meses. Temperaturas mayores a 38°C y menores a 15°C afectan al rendimiento de la planta.
<b>Café</b>	3.0	4.0	3.5	3.0	Precipitaciones extremas favorecen a la presencia de enfermedades, afectan la floración. Si existen periodos de sequía las hojas caen e incrementan el ataque de plagas. Temperaturas inferiores a 17°C y mayores a 27°C afectan el rendimiento
<b>Quinua</b>	2.5	2.5	2.0	1.0	La quinua necesita poca lluvia y humedades muy bajas. Tolera muy bien temperaturas extremas, pero en el periodo de floración una helada destruye el cultivo. Tolera temperaturas de -11°C y máximas de 30°C, Y condiciones de suelo muy pobres y saladas

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas semi estructuradas a especialistas

Se advierte también que el caso del cacao una mayor temperatura, muestra un efecto negativo sobre el desarrollo del cultivo, debido a que incide en mayores plagas y enfermedades, así como en la calidad del producto. De igual manera cuando la precipitación se vuelve más variable, existe mayor diferencia entre años secos y años lluviosos, mayor diferencia entre zonas de producción.



Para los especialistas entrevistados el aumento de la intensidad de las lluvias durante la temporada húmeda, mayor temperatura durante los días secos, cambios en los patrones de las lluvias, como precipitaciones fuera de la temporada lluviosa, sequías más prolongadas, exceso de humedad del aire y aumento de las heladas; tienen los siguientes impactos sobre los pequeños productores: menor rendimiento del cultivo, menor calidad del producto, daños a la infraestructura vial, y mayor inseguridad alimentaria.

De acuerdo a los especialistas entrevistados por regiones se observa:

- En el altiplano: heladas más frecuentes, retroceso de glaciares, destrucción de cultivos, inundaciones en época lluviosa, déficit de agua para riego, consumo humano y animal y baja recarga acuífera.
- En el valle: menor disponibilidad de agua, pérdida de biodiversidad, aumento de deslaves y mazamorras, y erosión y desertificación de suelos.
- En el chaco: menor disponibilidad de agua, pérdida de biodiversidad, olas de calor durante época seca, erosión y desertificación de suelos.
- En los llanos y amazonia: inundaciones frecuentes, pérdida de cultivos de época lluviosa, brotes de plagas y enfermedades por alto nivel de humedad, reducción de la biodiversidad.

Los pequeños productores se encuentran en gran medida en la zona del altiplano y de los valles. En el altiplano las heladas y las lluvias actualmente han perdido sus ciclos tradicionales. “Por ejemplo hace un mes cayó una granizada seguida de helada en la zona de Batallas y se perdió la producción de papa, ya que les agarró en su ciclo de desarrollo de planta”.

“Para los pequeños productores de café y cacao, se evidencia que los ciclos de lluvias se han intensificado y las olas de calor y frío son más fuertes, lo que está provocando la proliferación de enfermedades o plagas. Son necesarias prácticas para aumentar la disponibilidad hídrica en momentos críticos del cultivo”.

“En el caso del cacao, se recomienda el manejo de pendientes fuertes, y suelos profundos principalmente o suelos arenosos. En zonas secas se recomienda la aplicación de mulch en la terraza. También se recomienda zanjas de infiltración a nivel, construidas en dirección transversal a la pendiente, estas sirven como acumulador de agua y mejora la infiltración del agua en la zanja”.

“Es importante que en el caso de los productos que se exportan con sello de comercio justo (e.g. quinua, castaña, cacao, café, etc.), la variabilidad climática y el cambio climático, afectan la producción, y por tanto los volúmenes se reducen y los contratos de comercialización pueden ser incumplidos, afectando la imagen y seriedad de los productores, por lo que hay que tomar medidas para prevenir este daño económico”.

Finalmente, entre las prácticas adoptadas que han mostrado resultados interesantes está el fortalecimiento y difusión de las prácticas agropecuarias ancestrales: (1) el uso de diferentes semillas resistentes a climas variados (e.g. papa, quinua); (2) diversificar las zonas de siembra; (3) limitación al monocultivo; y (4) el uso de insumos caseros y variados.

## 6.2. Experiencias en el Ecuador

En la Tabla 4 se observa que los factores de incidencia del cambio climático en la agricultura del país son: (1) temperaturas extremas; (2) precipitación extrema; (3) concentración de CO<sub>2</sub>; (4) tendencia al aumento de temperatura; (5) aumento de la deforestación; (6) tendencia a la sequía; y (7) cambio en la cubierta de nieve; y (8) acidificación de océanos.

Los factores que más inciden en la disminución de los ingresos agrícolas son: los cambios extremos en la temperatura, la precipitación extrema, la tendencia a las sequías y la tendencia al aumento de temperatura. Aunque el aumento de la deforestación es considerado como un problema muy importante en el sector agrícola, no es considerado como un determinante en la disminución de los ingresos del sector.

Tabla 4: Incidencia del cambio climático en la agricultura del Ecuador

Riesgos\Factores	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Concentración de CO <sub>2</sub>	Tendencia al aumento de temperatura	Tendencia a la sequía	Cambio en la cubierta de nieve	Aumento de la deforestación	Acidificación de océanos
1 Disminución de la producción y calidad de los alimentos	4.3	4	2	2	2	0	0	0
2 Ingresos más bajos en la comercialización de los productos	4.5	4.1	2	1	1	0	0	0
3 Precios más altos	3	4.1	2	1	1	0	0	0
4 Derretimiento de los glaciales e inundaciones por precipitación extrema	0	0	0	5	2.5	5	0	0
5 Modificación del cambio de uso del suelo	0	0	1	1	0	0	3	1
6 Desaparición de bosques	0	0	1	2.5	0	0	5	1
7 Desaparición de biodiversidad	0	0	4.5	2	0	2	3	2
8 Pérdida de servicio ecosistémico	0	0	4.5	2	0	2	3	2
9 Disminución de ingresos de la población agrícola	3.5	3	0	0	2	0	1	0
10 Aumento en la desigualdad de ingresos	3.3	3	0	0	2.5	0	1	0
<b>Total</b>	<b>18.6</b>	<b>18.2</b>	<b>17</b>	<b>16.5</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas semi estructuradas a especialistas

Los especialistas entrevistados destacan que se espera que:

- El fenómeno de El Niño sea más frecuente e intenso, con fuertes impactos sobre la infraestructura agropecuaria, y brotes de plagas y enfermedades en especies animales y vegetales.
- Un aumento de las lluvias en casi todas las regiones, con mayor humedad del aire, eventos climáticos más extremos (i.e heladas, granizadas, lluvias más intensas, mayores temperaturas durante los días secos, y sequías más prolongadas).
- Cambios en los patrones de las lluvias en el centro del país (prematuras o tardías).
- Aumentos de las temperaturas y reducción de las lluvias en Chimborazo.
- Sequías combinadas con excesos de humedad, mayores volúmenes de lluvia, aumento de las temperaturas y humedad del aire en Las Esmeraldas.

En Tabla 5 se observa que: (1) que el principal factor que afecta al cultivo del banano es la temperatura extrema, y el cambio de tendencia en la temperatura; (2) el principal factor para el cacao es la temperatura y la precipitación extremas, respectivamente; (3) el factor más importante para el café es la temperatura y precipitación extremas; y (4) para la quinua es la variabilidad climática extrema.

Tabla 5: Incidencia del cambio climático en la agricultura de Ecuador por tipo de cultivo

Cultivos\Factores	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Tendencia al cambio de temperatura	Tendencia a la sequía	Comentario
Banano	4.5	3.0	3.5	3.0	Para el banano comercial la temperatura media óptima diaria se sitúa entre 26 °C y 28 °C, pero las plantas pueden tolerar temperaturas medias comprendidas entre 24 °C y 31 °C; por encima y por debajo de estos márgenes, la idoneidad disminuye. En general, unas temperaturas medias inferiores a 16 °C y superiores a 33 °C hacen inviable la producción de banano comercial.
Cacao	4.0	3.5	3.0	3.0	El cacao necesita de humedad y de calor, también requiere sombra, protección del viento y un suelo rico y poroso. El terreno debe ser rico en nitrógeno, magnesio y en potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 20 °C y los 30 °C, temperaturas mayores a 35°C y menores a 15°C afectan al rendimiento de la planta.
Café	4.5	4.0	3.5	3.0	Hace por lo menos una década se viene registrando un aumento en la temperatura, cambio en la precipitación y estacionalidad de las lluvias. La temperatura y la precipitación influyen en la fenología, por tanto en la producción y calidad del grano. Como consecuencia del incremento de la temperatura (mínima y máxima) se observa un aumento y aparición de nuevas plagas y enfermedades como "roya", "ojo de pollo", "chupadera", y "arañero". Precipitaciones extremas favorecen a la presencia de enfermedades. El cultivo acepta temperaturas inferiores a 15°C, pero no superiores a 30°C.
Quinua	2.0	2.0	1.0	1.0	Tolera muy bien temperaturas extremas de -10°C y máximas de 25°C.

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas semi estructuradas a especialistas

En relación a los cultivos específicos los especialistas destacan:

- Se han observado efectos sobre el café, cacao, banano, como el resurgimiento de enfermedades y brotes de nuevas plagas, enfermedades y hongos patógenos. Defoliación de los cultivos por aumento de temperatura y humedad, y aborto de las floraciones por hongos e insectos.
- En algunas zonas se observa también una mejora en la fertilidad de las plantas por mayor disponibilidad de agua lluvia (e.g. Loja)
- Factores comunes a todas las zonas, son el inicio o el final anticipado o tardío de la temporada de lluvias, el aumento o disminución del nivel de precipitaciones previsto en la temporada de lluvias, y el aumento o la disminución de las temperaturas y la luz solar durante algunas temporadas.
- También la pluviosidad ha variado, principalmente el período frío y nublado que inicia en julio.
- El patrón normal del clima se ha alterado notablemente en los años con episodios de Niño o Niña. Los años de Niño traen lluvias más intensas en la temporada de lluvias, que pueden prolongarse hasta la temporada seca.
- En el caso del café, los cambios del clima han provocado efectos positivos en su productividad, donde se observan aumentos en los volúmenes de lluvia e incrementos de las temperaturas.
- En el caso del cacao, las sequías podrían estar beneficiándolo.
- En el caso del banano, la principal preocupación es el aumento de la incidencia de plagas y enfermedades provocadas por el clima y sus consecuencias en los

rendimientos<sup>55</sup>. Las zonas actualmente aptas para su cultivo, están amenazadas por el aumento de temperatura, mayor frecuencia de olas de calor y mayor frecuencia de lluvias extremas y sequías.

En cuanto a medidas de adaptación:

- En general las prácticas adoptadas que podrían facilitar la adaptación al cambio climático son: cambio de variedades, renovación de las fincas, recuperación de bosques, reforestación con especies nativas, sistemas de producción orgánica sostenible, adopción de nuevas tecnologías, recuperación de prácticas ancestrales<sup>56</sup>.
- En el caso del banano se tiene una amplia experiencia en cuanto medidas de adaptación, las cuales incluyen: (i) la sustitución y/o mejoramiento de las variedades actuales, aprovechando a sus parientes silvestres y criollas; (ii) sistemas de riego más efectivos para asegurar condiciones de crecimiento óptimo, o diques para proteger las llanuras inundables; (iii) la utilización de sistemas productivos agroecológicos; (v) el manejo integrado de plagas y enfermedades; y (vi) el uso de sistemas, tecnologías modernas y ancestrales, y prácticas productivas que favorezcan la adaptación al cambio climático.

### 6.3. Aspectos de género

La incorporación de la dimensión de género es vital para mejorar la eficiencia en el sector agrícola, debido a que las desigualdades de género en el acceso y distribución de los recursos son constantes. Estas barreras disminuyen el desarrollo del sector, en un contexto de mayor participación de las mujeres en las actividades agrícolas. Al mismo tiempo la distribución en el acceso afecta sin duda el desempeño agrícola, porque afectan la distribución de recursos entre hombres y mujeres.

Reconocemos en este documento que la igualdad de género es un derecho fundamental, debido a que en muchos lugares del mundo las mujeres son las principales agricultoras o productoras. En áreas, donde la migración, está afectando la demografía rural, la agricultura es más femenina que antes, y se sigue extendiendo al resto de la cadena de valor agrícola.

A pesar de todo ello el diseño de muchas políticas y recursos continúan focalizándose en una agricultura basada en los hombres. Esta sobre concentración de recursos (i.e. tierra, mano de obra, servicios financieros, agua, infraestructuras rurales, tecnología y otros insumos) no solo es en muchos casos injusta, es también ineficiente. Existe evidencia que el fortalecimiento en el acceso a la tierra por parte de las mujeres puede aumentar los ingresos y el bienestar de las familias.

---

<sup>55</sup> En el banano los aumentos en la humedad del suelo debido a encharcamientos por lluvias intensas o inundaciones, a partir de cierto nivel de humedad propician la proliferación de hongos fitopatógenos; y los aumentos de temperatura mayores al rango óptimo tolerado por las plantas, provocan lentitud o deterioro en el crecimiento y daños en el fruto.

<sup>56</sup> En el caso de la quinua, barreras y cercas vivas, podas fitosanitarias y practicas productivas basadas en las fases lunares.

Las mujeres muestran también dificultades para acceder a sistemas democráticos. La participación de las mujeres en las organizaciones es limitada. Es menos probable que las mujeres conozcan información que les permita estar preparadas contra shocks externos (e.g. cambio climático). Como resultado el cambio climático en el sector agrícola ha incrementado la carga laboral que tienen las mujeres (UN, Women, 2009).

Fenómenos como sequías e inundaciones afectan la recolección de agua, los medios para alimentar a sus familias y climatizar sus hogares. Es así que las mujeres se ven afectadas en cuanto a su disponibilidad de tiempo y dinero, la seguridad alimentaria de sus familias, etc., estos son factores clave que incide en la desigualdad de género de las productoras agrícolas.

La precarización de las condiciones de vida, como resultado del cambio climático (e.g. la inseguridad alimentaria) es también un importante factor explicativo de la fuerte dinámica migratoria. El año 2017, el 48% de la población migrante a nivel mundial estaba conformada por mujeres (International Organization for Migration, 2018), esta tendencia se espera que continúe, mientras la productividad de cultivos continúe empeorando ante más desastres naturales más intensos y más frecuentes.

Existen varios aspectos asociados al cambio climático que pueden aumentar la violencia de género contra las mujeres (e.g. el estrés después de un desastre natural, la escasez de recursos básicos), la destrucción de tejidos sociales y la ruptura del sistema legal (Barrera, 2017). Las Naciones Unidas (2018), reconocen el efecto particular que tienen el cambio climático en las mujeres, y que es necesario trabajar con ellas para mitigar este fenómeno.

En respuesta, las estrategias para la adaptación a estos cambios en la agricultura, deben incluir necesariamente un enfoque de género. En países en desarrollo, donde el sector agrícola es muy importante, las mujeres son responsables de un porcentaje significativo de la producción de alimentos agrícolas, y son comparativamente más afectadas por la escasez de alimentos e inseguridad alimentaria que los hombres.

Como resultado de las entrevistas realizadas a especialistas en materia de cambio climático y género en el sector agrícola de Bolivia y Ecuador, se constató de forma contundente los siguientes aspectos que hacen a la realidad de las mujeres que trabajan en labores agrícolas en estos dos países:

- Las mujeres en el área rural, principalmente en países de América Latina y el Caribe son responsables por un alto porcentaje de la producción de alimentos. Del total de predios destinados a la agricultura, por lo menos un 20% son manejados por mujeres, y el número de hogares rurales encabezados por mujeres ha crecido.
- Las mujeres representan una proporción sustancial de la fuerza de trabajo agrícola en América Latina y el Caribe, tanto en la producción de alimentos como en actividades propiamente agrícolas.
- En Bolivia existe evidencia que la PEA del sector agrícola disminuyó, pero la PEA femenina se mantuvo constante e incluso aumento en algunos lugares, debido a la

migración a las zonas urbanas. Un fenómeno similar, aunque de menor escala se presenta en el Ecuador.

- Los especialistas sostienen -bajo el criterio de inclusividad, que postula que una oportunidad es inclusiva cuando se verifica acceso y adecuada distribución en el acceso- que las mujeres en Bolivia y Ecuador no tienen igualdad de condiciones al acceso de tierra, insumos agrícolas, y remuneración salarial.
- De las mujeres que acceden a satisfactores como tierra, insumos agrícolas, y salario, solo las mujeres de mayor ingreso están en condiciones de hacer efectiva la oportunidad. Una mejora en el acceso y su distribución de oportunidades para las mujeres, vendría asociado a un aumento en la producción agrícola total, mayor actividad comercial, y mayores niveles de inversión.

## 7. Métrica del impacto climático sobre los ingresos agrícola

En esta sección se estima mediante un modelo econométrico el efecto del cambio climático sobre los ingresos agrícolas “agregados” desde una perspectiva de renta Ricardiana en ambos países. A continuación, se realiza una simulación sobre el rendimiento de cultivos específicos clave para las OPP (i.e. cacao, café, banano, quinua), mediante la simulación de factores biofísicos expuestos a diversos escenarios climáticos.

### 7.1. Cambio climático e ingresos agregados

En esta sección se estima la renta agrícola Ricardiana, donde cada productor es un agente individual que maximiza su ingreso sujeto a una elección de trabajo y capital, bajo un conjunto de variables climáticas (i.e. temperatura y pluviosidad). Siguiendo la metodología de Mendelsohn (2007a,b, 2010); Dinar (2003) se estima la siguiente ecuación econométrica. Se aplica una especificación translogarítmica robusta, donde se incluyen efectos no lineales, y finalmente se aproxima la misma con una función de Taylor de segundo grado:

$$Y_t = A_{0,t} + \sum_f \text{Clima}(a_{t,f}T_t + \frac{\delta_{t,f}T_t^2}{2}) + \sum_f \text{Clima}(\theta_{t,f}Pl_t + \frac{\varphi_{t,f}Pl_t^2}{2}) + \sum_k \phi_{t,k}F_{,k} + D_t + E_t$$

$y_t$  = PIB agrícola a precios constantes.

$T_t$  = Temperatura promedio.

$Pl_t$  = Precipitación promedio.

$E_t$  = Años de escolaridad.

$D_t$  = Presencia de heladas y/o inundaciones.

Para la estimación en Bolivia se utilizan datos municipales de los últimos 20 años; los ingresos rurales se aproximan al PIB agropecuario per cápita; las variables climáticas fueron tomadas del SENAMI y del Banco Mundial. Como se observa en la Tabla 6, los resultados de

esta estimación indican que esta especificación explica de forma razonable la variación de los ingresos per cápita entre municipios rurales de Bolivia, con un poder explicativo de 64%.

**Tabla 6: Efecto del cambio climático en los ingresos**

<b>Variables explicativas</b>	<b>Coefficiente estimado</b>
Constante	-46.3712 *
Temperatura Promedio	31.36872 ***
Temperatura Promedio2	-0.95511 ***
Precipitación Promedio	3.68967 ***
Precipitación Promedio2	-0.24 **
Dummy Niña	-36.45 **
Dummy Niño	-14.86 **
Escolaridad	60.51 ***
Escolaridad2	5.86 **
R2	0.64
Observaciones	240

**Fuente: Estimación propia en GRETEL**

\* Significativo al 10%

\*\* Significativo al 5%

\*\*\* Significativo al 1%

Ante un escenario climático normal, la temperatura y la precipitación inciden de forma positiva y significativa en los ingresos agrícolas agregados, incrementando en promedio 31.36\$ y 3.68\$ los ingresos de cada hectárea cultivada. Los efectos no-lineales o de variabilidad climática son significativos en el caso de la temperatura, y afectan negativamente en 0.95\$ los ingresos por hectárea cultivada. La variabilidad en la precipitación también incide en forma negativa en los ingresos en 0.24\$ por hectárea cultivada, pero con menor significancia estadística.

Las variables episodio Niño y Niña, son ambas significativas para un nivel moderado del fenómeno, respectivamente. Como era de esperar los episodios climáticos extremos reducen los ingresos agrícolas en 36.45\$ y 14.86\$ respectivamente. La variable con mayor nivel de impacto en los ingresos, es la de años de escolaridad, donde en promedio los ingresos per cápita aumentan 60.51\$ por cada año adicional de escolaridad. Este resultado está vinculado con la dinámica migratoria y la búsqueda de mayor movilidad social.

En el caso del Ecuador se utilizaron datos agregados de los últimos 20 años; las variables climáticas fueron tomadas del INAMHI y del Banco Mundial. Como se observa en la Tabla 7, los resultados de esta estimación muestran que la especificación utilizada explica los ingresos agrícolas agregados del país, solo en un 38%.

**Tabla 7: Efecto del cambio climático en los ingresos**

<b>Variables explicativas</b>	<b>Coefficiente estimado</b>
Constante	-87.65
Temperatura Promedio	50.50 ***
Temperatura Promedio2	-0.084 *
Precipitación Promedio	15.54 ***
Precipitación Promedio2	-0.004 *
Dummy Niña	-56.76 **
Dummy Niño	-22.35 *
R2	0.384

Observaciones

**Fuente: Estimación propia en GRETEL**

\* Significativo al 10%

\*\* Significativo al 5%

\*\*\* Significativo al 1%

Ante un episodio climático normal, la temperatura incide de forma positiva y significativa en los ingresos agrícolas agregados en 50.5\$ por cada hectárea cultivada. La variabilidad en la temperatura es mucho menos significativa, y afecta negativamente a los ingresos en 0.084\$ por hectárea cultivada. Mientras que la precipitación incide de forma positiva y significativa en los ingresos agrícolas en 15.54 \$ por cada hectárea cultivada.

En cuanto a la variabilidad en la precipitación, está es mucho menos significativa, y afecta negativamente a los ingresos en 0.004\$ por hectárea cultivada. La variable dummy Niño y Niña son significativas al 95% y 90%, respectivamente para un nivel moderado del fenómeno. Como era de esperar los episodios climáticos extremos en el Ecuador reducen los ingresos agrícolas en 56.76\$ y 22.35\$ respectivamente.

## **7.2. Rendimientos de los cultivos en Bolivia**

A nivel de cultivo, se simularon los rendimientos específicos para el banano, cacao, café y quinua en Bolivia y Ecuador. Se utilizó el modelo AquaCrop, el cual simula el desarrollo de follaje, enfocado principalmente a la evolución de la biomasa potencial del cultivo y la producción cosechable en respuesta al agua disponible. La simulación permitió evaluar la evolución de estos cultivos, para tres escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña).

La construcción del escenario Normal se definió en base al comportamiento de un período, donde no se registraron efectos climáticos de Niño y Niña, estableciendo un comportamiento regular y estacional de temperatura y precipitación. Para los escenarios de Niño y Niña Moderado a Fuerte, se evaluó la volatilidad media registrada en los tres últimos episodios climáticos extremos respectivos.



### Banano en Bolivia (*Musa paradisiaca*)

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Meteorológica Caranavi<sup>57</sup>, ubicada en la en la provincia del mismo nombre. Esta localización presenta un rendimiento de banano de 10,72 ton/ha. Para la simulación se calibraron los siguientes parámetros (Anexo 4.1): i) la duración del ciclo fenológico; ii) el inicio del periodo de floración; iii) el desarrollo del fruto; iv) el porcentaje de cosecha; v) la profundidad de raíz; y vi) las temperaturas límite para el normal desarrollo del cultivo.

En la Tabla 8, se observan los rendimientos de producción del cultivo del banano para diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura media de 27.51°C, y una precipitación media de 78.4 mm mensuales. Por su parte en el escenario Niño<sup>58</sup>, se supone un aumento de la temperatura en 12.4% y de la precipitación en 3.76%. Finalmente, en el escenario Niña<sup>59</sup> la temperatura disminuye en 15,09% y la precipitación en 16,62%.

**Tabla 8: Escenarios climáticos para el banano en la localidad de Caranavi**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]		
	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha
Marzo	60.40	26.35			29.00	29.46			52.00	27.61	
Abril	38.00	26.25			57.00	29.36			64.00	25.24	
Mayo	9.60	24.71			5.00	27.82			49.20	27.26	
Junio	92.00	22.50	-		15.00	25.61	-		3.00	24.51	-
Julio	38.90	21.29	-		4.40	24.40	-		12.60	21.03	-
Agosto	29.90	25.29	0.06		59.70	28.40	0.27		49.90	25.78	-
Septiembre	39.00	26.00	0.20	2.41	175.00	29.11	0.45		93.00	21.00	0.18
Octubre	109.40	27.51	1.82	8.18	142.20	30.62	3.41	6.54	108.10	21.65	0.97
Noviembre	77.00	27.24	5.00	1.75	150.00	30.35	7.96	1.33	63.00	22.30	3.17
Diciembre	154.60	27.49	9.62	0.92	327.50	30.60	12.88	0.62	117.00	22.96	5.87
Enero	258.50	26.51	10.71	0.11	109.80	29.62	13.99	0.09	59.20	23.62	8.18
Febrero	32.90	27.51	10.72	0.00	79.20	30.62	14.00	0.00	79.20	27.12	8.46

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

[1] Normal: definido en base a datos del período 2013–2014.

[2] Niño: definido en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

[3] Niña: definido en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

En la Figura 6, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo del banano para los tres escenarios planteados. El escenario Normal presenta un amplio rango climático, con una temperatura máxima de 35.5°C y una mínima de 16.9°C; así como una precipitación mínima de 9.6 mm en Mayo y de 258.5 mm en el mes de Enero.

Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 14.00 ton/ha, es decir, que el rendimiento medio sube de 10.72 a 14.0 ton/ha, debido al aumento en la precipitación media de 78.0 mm mensuales a 80.94 mm mensuales y de la temperatura promedio de 26.1 a 27.4 °C. Es importante notar que el estrés por calor es una

<sup>57</sup> Altitud 600, Latitud Sud: 15° 50' 05 S y longitud 67° 34' 24" O.

<sup>58</sup> Se simula un episodio de Niño con temperatura media de 13,5 °C y precipitación promedio de 18,8 mm.

<sup>59</sup> Se simula un episodio de Nina con temperatura promedio de 7,9 °C y precipitación promedio de 2,55 mm.

importante limitación para la producción agrícola, sin embargo en el caso del Niño la temperatura aún no se acerca a su cota superior<sup>60</sup>. Sin embargo, a largo plazo se podrían registrar temperaturas mayores a los 38°C, que provocarían la desnaturalización de proteínas y enzimas.

El aumento de la precipitación, promovería el crecimiento de la biomasa en la etapa de desarrollo fenológico. De igual manera el aumento de la temperatura media favorecería el rendimiento final del banano, cuyo nivel máximo se alcanza entre los 25°C y 38°C. El rendimiento del banano en el país es bajo, debido a que la precipitación necesaria en la máxima etapa del desarrollo fenológico es de 600 mm, y ésta difícilmente se alcanza.

El aumento de las temperaturas podría ocasionar que el cultivo se traslade a mayores altitudes a la cual se pueden producir bananos. Dado que la producción de banano de montaña generalmente se destina al consumo local y familiar, es muy difícil que esto influya de manera directa y significativa en el comercio bananero, pero es probable que tenga un impacto considerable en las zonas donde los bananos cumplen una función alimenticia.

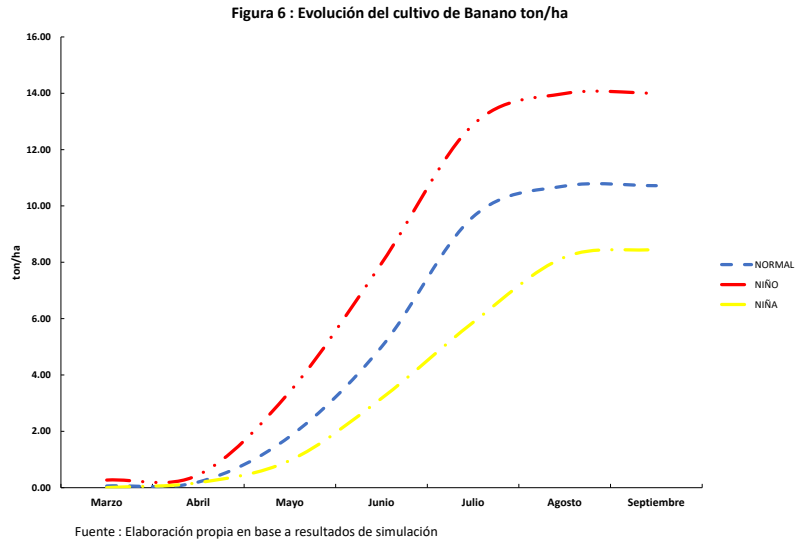
En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado para el cultivo del banano es de 8,5 ton/ha, es decir, que el rendimiento disminuye de 10.72 a 8.46 ton/ha, debido a la disminución en 15.09% de la temperatura, y de 16.62% en la precipitación, que equivale a cerca 65 mm mensuales menos.

Uno de los factores que más limita la producción de banano es la disminución significativa en las temperaturas - mínimas por debajo de 10 °C y medias por debajo de 16 °C – donde se incrementaría la probabilidad de ocurrencia de enfermedades como el Falso Mal de Panamá<sup>61</sup> durante el invierno. Sin embargo, también hay otros factores de estrés, como nematodos, sequía, desequilibrio alimenticio y saturación hídrica.

---

<sup>60</sup> Los umbrales y las temperaturas óptimas están entre los 20 y 30°C, el umbral mínimo es de 15°C y el máximo 38°C.

<sup>61</sup> Esta enfermedad es considerada como una de las enfermedades más destructivas en ciertas regiones bananeras del mundo.



El manejo del cultivo del banano en gran medida no se encuentra tecnificado, y existe falta de asesoramiento para los pequeños productores y productoras que lo cultivan. En un episodio de Niño, la enfermedad del Falso Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*) que es un hongo de temperaturas cálidas asociadas a alta humedad relativa, puede ser prevenida reduciendo la incidencia del estrés en el material recientemente sembrado.

Es necesario capacitar a los productores y productoras en técnicas de rotación de cultivos, diseñadas como una estrategia para el control de plagas y enfermedades, específicamente para detener el ciclo del hongo que puede perdurar en el suelo por espacio de hasta 6 años.

La infestación con nematodos, compactación del suelo, saturación hídrica, riego insuficiente y aplicación insuficiente de fertilizantes, también causan estrés en plantas jóvenes. Por lo tanto, se necesitan una buena preparación y manejo del suelo para promover el vigor de las raíces y prevenir la ocurrencia de las enfermedades.

Los sistemas de riego, si se dispone de ellos, deberían estar en el lugar antes de la siembra, siendo necesario su verificación regular. También, puede ser necesaria la utilización de drenajes. Con todas estas medidas, se estima que el rendimiento podría aumentar hasta en un 50%.

### **Cacao en Bolivia (*Theobroma cacao*)**

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica Rurrenabaque<sup>62</sup>, ubicada en la Provincia Gral. Jose Ballivián Segurola<sup>63</sup>. Esta localización presenta un rendimiento de cacao de 0.23 ton/ha. Para la simulación<sup>64</sup> se calibraron los

<sup>62</sup> Altitud 204, latitud 14° 25' 46" S y longitud 67° 30' 10" O.

<sup>63</sup> Esta micro localización es considerada adecuada para el desarrollo del cultivo.

<sup>64</sup> No se consideraron la polinización y la fertilidad.

siguientes parámetros (Anexo 4.2): i) el ciclo del cultivo<sup>65</sup>; ii) la densidad de siembra<sup>66</sup>; iii) la profundidad<sup>67</sup>; iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>68</sup>; v) el índice de cosecha<sup>69</sup>; y vi) la temperatura<sup>70</sup>.

En la Tabla 9, se observan los rendimientos de producción del cacao para tres diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura máxima de 35.4°C, media de 25.6°C, mínima de 15.9°C y precipitaciones regulares de 168.4 mm mensuales. Por su parte el escenario de Niño<sup>71</sup>, supone un aumento de la temperatura en 15.89% y de la precipitación en 41.4%. Finalmente, en el escenario de Niña, la temperatura disminuye en 19.8% y la precipitación en 27%.

**Tabla 9: Escenarios climáticos para el cacao en Rurrenabaque**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]		
	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha
Marzo	134.90	26.70	-		142.30	30.42	-		84.10	28.00	-
Abril	122.00	25.70	-		128.00	28.95	-		108.00	26.40	-
Mayo	153.00	23.39	-		162.30	28.05	-		52.10	23.80	-
Junio	193.00	25.70	0.00		203.00	27.96	0.00		14.00	23.90	-
Julio	77.40	23.39	0.00	0.50	82.50	24.56	0.00	2.86	40.20	20.80	0.02
Agosto	2.10	25.70	0.03	20.33	3.20	26.80	0.08	150.85	52.10	23.60	0.06
Septiembre	81.00	27.50	0.20	5.13	85.00	30.06	0.13	0.60	14.00	27.20	0.11
Octubre	36.70	29.08	0.21	0.08	39.30	31.15	0.19	0.48	27.50	26.60	0.12
Noviembre	79.10	25.57	0.30	0.41	180.20	29.60	0.21	0.11	14.00	26.70	0.14

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación**

[1] Normal: se definio para el período 2013–2014.

[2] Niño: se definio en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

[3] Niña: se definio en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

En la Figura 7, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de cacao para los tres escenarios planteados, el cual presenta no-linealidades muy características de su forma de cosecha, que son menos pronunciadas en los episodios de Niño y Niña. Estos aspectos técnicos serán explicados en detalle más adelante en el documento.

Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0.215 ton/ha, que disminuye respecto del promedio normal en 27.61 % - de 0,297 a 0,215 ton/ha - debido al aumento en la precipitación de 73.3 mm mensuales a 85.5 mm mensuales y en la temperatura de 25.86°C a 28.62 °C.

En un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se esperaría que el aumento de la precipitación permita tener un mayor crecimiento de la biomasa en la etapa de desarrollo fenológico. Por su parte el aumento de la temperatura media haría que la actividad fisiológica del cultivo

<sup>65</sup> Se consideran 210 días.

<sup>66</sup> Se consideran 85 cm entre surcos por 80 cm entre plantas.

<sup>67</sup> La profundidad máxima que alcanza la raíz de la Cacao es de 250 cm.

<sup>68</sup> El coeficiente del cultivo es de Kc= 1,05.

<sup>69</sup> El IC es de 30%.

<sup>70</sup> La temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 25 - 26°C. y 21°C como límite medio anual

<sup>71</sup> Se modela un episodio de Niño moderado a fuerte, donde la temperatura media llega a 28.6 °C y la precipitación promedio a 113.9 mm.

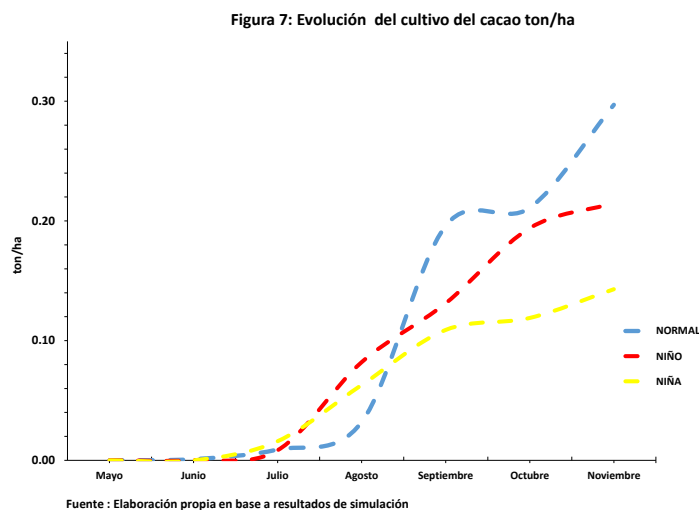
se desarrolle más rápido, pero a medida que la temperatura suba el cultivo también requeriría más insumos (e.g. nutrientes, agua, radiación solar) para poder mantener el nivel de metabolismo, y esto puede constituir una restricción a su desarrollo.

El cultivo de cacao tienen dos cosechas, la más importante en entre Noviembre y Diciembre. En Septiembre se inicia la segunda floración, la cual se cosecharía en Marzo y Abril. Sin embargo, al inicio de esta floración se tienen temperaturas máximas de 40.1°C y en Octubre de 39.8°C<sup>72</sup>, que causarían una disminución de 27.6% en el rendimiento final, en respuesta a una mayor esterilidad del polen y otros factores de estrés.

En este escenario climático se esperaría que el rendimiento del cultivo de cacao sea menor en el largo plazo, porque la mayor frecuencia de temperaturas máximas por encima de los 32°C ocasionara esterilidad del polen, alto porcentaje de estrés a los cultivos de cacao, más que todo debido a la alta tasa de evapotranspiración que se registraría.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento disminuiría de 0,297 a 0,143 ton/ha, debido a la disminución media en la temperatura de 1°C, y de 37 mm mensuales de precipitación. El cultivo de cacao sufriría estrés térmico, reduciendo la actividad metabólica a bajas temperaturas y precipitaciones menores a las esperadas.

También se verifica que el inicio de la formación del fruto de cacao se retrasaría por un mes, por lo que comenzaría el período de floración en Julio en lugar de Junio, dando como resultado un menor tiempo de desarrollo, y por lo tanto bajaría el rendimiento respecto a su comportamiento normal.



El exceso de lluvias que puedan ocurrir durante el periodo de desarrollo del fruto induce una alta probabilidad de que bajen los rendimientos, ya que el cacao es vulnerable a altos

<sup>72</sup> La temperatura sobrepasaría el umbral máximo de temperatura de 32°C.

porcentajes de humedad prolongada aumentando la presencia del hongo Moniliasis (pudrición acuosa), por lo tanto se recomienda realizar zanjas de infiltración para evacuar el exceso de precipitaciones.

En un episodio de Niño, para evitar pérdidas considerables de rendimiento a medida que aumenta la temperatura, se debería compensar este efecto con el uso de sistemas de riego preferentemente sistema por goteo, siendo el manejo del cultivo más preciso. Para evitar pérdidas de agua por evapotranspiración se recomienda cubrir el suelo con residuos vegetales, conservando la humedad.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, a medida que bajan las temperaturas el desarrollo se hace más lento, se recomienda usar variedades que toleren un descenso de temperatura. También, se requiere realizar estudios sobre material genético e identificar variedades que se adapten a escenarios de variación climática y cambio climático.

Es recomendable establecer sistemas de producción más intensivos, pero diversificados que incluyan árboles maderables, frutales, etc., estos ayudarían a los productores y productoras a generar otros ingresos. También, los sistemas agroforestales con cacao son una alternativa de adaptación al cambio climático, dado que permiten una mayor conservación de la biodiversidad, ayudan a controlar la erosión de suelos, disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades, y son una herramienta de mitigación para los pequeños productores cacaoteros.

### **Café en Bolivia (*Coffea arábica*)**

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Caranavi<sup>73</sup> ubicada en la provincia del mismo nombre. Esta localización presenta un rendimiento de café de 0,39 ton/ha. Para la simulación del modelo se calibraron algunos parámetros en un simulador de cultivos<sup>74</sup> (Anexo 4.3): i) el ciclo del cultivo<sup>75</sup>, ii) la densidad de siembra<sup>76</sup>, iii) la profundidad<sup>77</sup>, iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>78</sup>, v) el índice de cosecha<sup>79</sup>, y vi) la temperatura<sup>80</sup>.

En la Tabla 10, se observan tres escenarios de rendimientos de producción del café para diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura media de 27,1 °C y precipitaciones media de 115,7 mm. En el escenario de

---

<sup>73</sup> A una altitud de 600 m, latitud 15° 50' 05"S, longitud 67° 34' 25" O.

<sup>74</sup> Se utilizó el Aqua-Crop que es un programa calibrado para cultivos de ciclo corto, como ser leguminosas, cereales y tubérculos. Sin embargo para poder simular cultivos de ciclo largo como ser frutales, es necesario recalibrar los parámetros en función un horizonte temporal mayor.

<sup>75</sup> Se asumen 220 días, desde que comienza la floración hasta que el fruto llega a su madurez fisiológica.

<sup>76</sup> Se supone que existe 2 m entre surcos por 1,5 m entre plantas.

<sup>77</sup> La profundidad máxima que alcanza la raíz de la quinua es de 130 cm.

<sup>78</sup> El Kc =1,1.

<sup>79</sup> El IC es de 40%.

<sup>80</sup> La temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo es de 18 – 24 °C.

Niño<sup>81</sup>, supone un aumento de la temperatura en cerca 8 % y la precipitación en 43%. Finalmente en el escenario de Niña<sup>82</sup>, la temperatura disminuye en 5% y la precipitación en 43%.

**Tabla 10: Escenarios climáticos para el café en Caranavi**

Mes	NORMAL (1)				NIÑO (2)				NIÑA (3)			
	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.
<b>Octubre</b>	107.7	27.2			157.7	29.4			57.7	25.9		
<b>Noviembre</b>	63.0	27.0			113.0	29.2			13.0	25.7		
<b>Diciembre</b>	122.0	27.8			172.0	30.0			72.0	26.5		
<b>Enero</b>	204.1	26.7			254.1	28.9			154.1	25.4		
<b>Febrero</b>	235.7	26.3	0.03		285.7	28.5	0.05		185.7	25.0	0.04	
<b>Marzo</b>	78.3	27.0	0.16	433%	128.3	29.2	0.28	460%	28.3	25.7	0.14	214%
<b>Abril</b>	53.0	27.6	0.40	150%	103.0	29.8	0.62	121%	3.0	26.3	0.16	17%
<b>Mayo</b>	61.7	27.2	0.43	7.5%	111.7	29.4	0.63	2%	11.7	25.9	0.16	0%

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación**

[1] Normal: se definio en base al período 2013–2014.

[2] Niño: se definio en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

[3] Niña: Se definio en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

En la Figura 8, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de café para los tres escenarios planteados. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,63 ton/ha, el cual que aumenta respecto del promedio normal en 46,5% -de 0,43 a 0,63 ton/ha – debido al aumento en las precipitaciones de 115,7 a 165,7 mm/mensual y en la temperatura de 27,1 a 29,3°C.

En un episodio de Niño de esta magnitud se esperaría que el incremento en la precipitación ayude a la formación de una mayor cantidad de flores, y así como a una alta fructificación. Por otro lado el incremento de la temperatura, permitiría que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle velozmente, es decir, que se aceleraría el proceso de madurez fisiológica, obteniendo un aumento del rendimiento de hasta un 46,5%.

Sin embargo, al acelerar el tiempo de floración y maduración del fruto, el efecto se puede traducir en granos más grandes pero más suaves, por eso se incrementaría el rendimiento pero se disminuiría la calidad del producto. Cuando la temperatura llega a incrementarse en 0,5°C la producción de café puede disminuir hasta un 60% del rendimiento promedio.

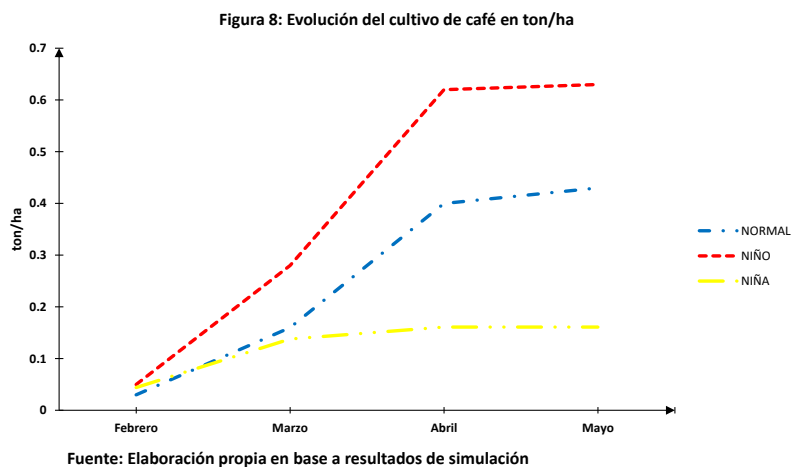
En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,16 ton/ha, es decir, que disminuye en 62,6 % respecto al escenario normal – de 0,43 a 0,16

<sup>81</sup> Se modela un episodio de Niño moderado a fuerte, donde la temperatura media es de 29.3 °C y la precipitación promedio de 165,7 mm.

<sup>82</sup> Se modela un episodio de Niña moderado a fuerte, donde la temperatura promedio es de 25,8 °C y precipitación promedio de 65,7 mm.

ton/ha – debido que la precipitación disminuye de 115,7 a 65,7 mm/mensual y la temperatura de 27,1 a 25,8 °C.

Cuando disminuye la precipitación se podría originar estrés en la planta, provocando una baja floración. También se observa con frecuencia que al incorporar fertilizantes, estos no se disuelven bien ya que el suelo está seco, lo cual provocaría que el producto quede sin reaccionar –se formarían costras por las sales que los componen- e incluso podría generar problemas de quemazón en las raíces y hojas.



De acuerdo a la simulación realizada, el rendimiento del café se incrementaría bajo la incidencia del fenómeno del Niño y disminuiría con la Niña, respecto al escenario normal. En un escenario normal se recomienda incorporar un riego por goteo muy controlado, y realizar una buena fertilización<sup>83</sup> en los dos últimos meses de desarrollo del fruto.

Cuando se presenta un episodio de Niño se recomienda realizar una buena fertilización durante la maduración del fruto para que el cultivo aproveche al máximo los nutrientes necesarios para la formación del fruto, mejorando así su calidad.

Cuando se presenta el fenómeno de la Niña se recomienda utilizar riego por goteo para tener un aprovechamiento del 80 % de agua y para que cuando se apliquen los fertilizantes se disuelva con el agua y la planta pueda aprovecharlo

La Provincia de Caranavi tiene las condiciones adecuadas para el cultivo de café, pese a que su rendimiento no es tan alto, la calidad del grano es muy apreciada para la exportación. Al incrementar la precipitación este cultivo aumentaría su rendimiento, pero podría bajar su calidad, afectando la potencial venta, este aspecto debe ser estudiado experimentalmente en mayor detalle.

<sup>83</sup> Se supone un 38 % del Nitrógeno, 36% de fósforo y 40% de potasio.



## Quinoa en Bolivia (*Chepodium quinoa*)

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Martín<sup>84</sup> ubicada en la Provincia Ladislao Cabrera. Esta localización presenta un rendimiento de quinoa de 0,6 ton/ha, considerado como aceptable para el promedio nacional. Para la simulación<sup>85</sup> se calibraron los siguientes parámetros (Anexo 4.4.): i) el ciclo del cultivo<sup>86</sup>, ii) densidad de siembra<sup>87</sup>, iii) profundidad<sup>88</sup>, iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>89</sup>, v) índice de cosecha<sup>90</sup>, vi) temperatura<sup>91</sup>, vii) y la salinidad<sup>92</sup>.

En la Tabla 11, se observan los rendimientos de producción de la quinoa para diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura media de 10,7 °C y una precipitación media de 12,4 mm. Por su parte el escenario Niño<sup>93</sup>, supone un aumento de la temperatura de cerca 26,2% y de la precipitación en 51,6 %. Finalmente en el escenario Niña<sup>94</sup>, la temperatura disminuye en 26,2 % y la precipitación en 79,45 %.

**Tabla 11: Escenarios climáticos para la quinoa en la provincia Ladislao Cabrera**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]			
	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.
Octubre	0	8.8			14.3	11.55			0	5.96		
Noviembre	0	11.2			14.3	13.95			0	8.36		
Diciembre	10.6	12.8			24.9	15.55			0.8	9.96		
Enero	7	11.7	0.03		21.3	14.45	0.02		0	8.86	0.03	
Febrero	14.1	11.5	0.14	367%	28.4	14.25	0.08	300%	4.3	8.66	0.12	300%
Marzo	0	10.4	0.43	207%	14.3	13.15	0.24	200%	0	7.56	0.36	200%
Abril	0	8.8	0.63	46.5%	14.3	11.55	0.33	37.5%	0	5.96	0.52	44.4%

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación**

[1] Normal: se definió para el período 2013–2014.

[2] Niño: se definió en base a la volatilidad media de los tres últimos episodios.

[3] Niña: se definió en base a la volatilidad de los tres últimos episodios.

En la Figura 9, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de quinoa para los tres escenarios planteados. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,33 ton/ha, que disminuye respecto del promedio normal en 47,6% - de 0,63 a 0,33 ton/ha – debido al aumento en la precipitación de 12,4 a 14,30 mm mensual

<sup>84</sup> Altitud 3712, latitud 19° 16' 30" S y longitud 67° 35' 57" O.

<sup>85</sup> No se consideraron la polinización y la fertilidad.

<sup>86</sup> 190 días.

<sup>87</sup> 40 cm entre surcos por 30 cm entre plantas.

<sup>88</sup> Profundidad máxima que alcanza la raíz de la quinoa es de 130 cm.

<sup>89</sup> Kc 0,25.

<sup>90</sup> IC 20%.

<sup>91</sup> Temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 15 - 20°C.

<sup>92</sup> Salinidad con un rango de 8 a 16 dS/m.

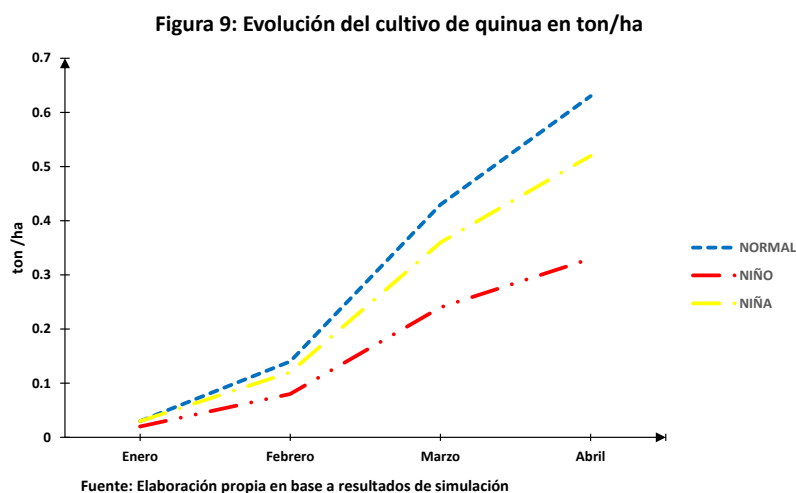
<sup>93</sup> Temperatura media de 13,5 °C y precipitación promedio de 18,8 mm.

<sup>94</sup> Temperatura promedio de 7,9 °C y precipitación promedio de 2,55 mm.

y de la temperatura de 8,8 a 11,55 °C; este escenario provocaría un aumento de humedad mayor al 14 % situación que perjudicaría al cultivo.

Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte se esperaría que el incremento de la temperatura aumente la humedad y provoque enfermedades como las manchas foliares<sup>95</sup>. Por el otro lado, el incremento de la precipitación causaría un encharcamiento, provocando enfermedades como el mildiu<sup>96</sup> de la quinua y la podredumbre<sup>97</sup> marron del tallo.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,52 ton/ha, es decir, que disminuye en 17,5 % respecto al escenario normal – de 0,63 a 0,52 ton/ha – debido a que la precipitación disminuye de 12,4 a 9,80 mm/mensual y la temperatura de de 10,7 a 2,84 °C. Al disminuir la temperatura provocaría que los granos disminuyan de diametro y ocasionaría la enfermedad de ojo de gallo<sup>98</sup>. Las bajas precipitaciones causarían que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle lentamente.



De acuerdo a lo esperado el rendimiento de la quinua disminuye bajo la incidencia de los fenómenos climáticos de Niño y Niña, respecto al escenario normal. En un episodio de Niño Moderado a Fuerte, se recomienda que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento. También, se recomienda utilizar una cobertura<sup>99</sup> cuando comienzan las siembras, para que las altas temperaturas no lleguen a secar las plantas recién germinadas, y para mantener la humedad del suelo y evitar la escorrentía.

<sup>95</sup> *Cercospora sp.* Condiciones favorables para la enfermedad altas temperaturas, aparecen manchas necróticas en las hojas, si la panoja esta en formación afecta la calidad de los granos.

<sup>96</sup> *Peronospora variabilis*, condiciones favorables para la enfermedad son la alta humedad y precipitaciones continuas, aparecen manchas pequeñas las hojas se tornan cloróticas y posteriormente se cae y se detiene su crecimiento.

<sup>97</sup> *Phoma exigua var. Foveata*, este hongo reblandece el tejido, y el tallo suele doblarse y puede quebrarse con facilidad, s ya tiene formada la panoja ocasiona la caída de los granos

<sup>98</sup> *Passalora dubia*, aparecimiento de lesiones de color marrón, posteriormente dan lugar a perforaciones.

<sup>99</sup> Cobertura como: restos de cortezas, virutas de madera, paja, hojas, cascarilla de arroz, etc.

Cuando se presente un episodio de Niña Moderado a Fuerte se recomienda incorporar un sistema de riego preferentemente por aspersión, para que el cultivo tenga el agua necesaria para su germinación, desarrollo, floración, formación del grano y madures fisiológica. En cuanto a la temperatura el cultivo es resiliente, tolera bien heladas, sequías y bajas temperaturas.

### 7.3. Rendimientos de los cultivos en Ecuador

#### Banano en Ecuador (*Musa paradisiaca*)

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Juan de Manabí<sup>100</sup> ubicada en la Provincia Cotopaxi<sup>101</sup>. Esta localización presenta un rendimiento de banana de 32,1 ton/ha. Para la simulación<sup>102</sup> se calibraron los siguientes parámetros (Anexo 4.5.): i) el ciclo del cultivo<sup>103</sup>; ii) la densidad de siembra<sup>104</sup>; iii) la profundidad<sup>105</sup>; iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>106</sup>; v) el índice de cosecha<sup>107</sup>; vi) la temperatura<sup>108</sup>.

En la Tabla 12, se observan los rendimientos de producción de banano para tres diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta temperatura máxima de 36.8°C, media de 25.38°C, mínima de 14.8°C y precipitaciones regulares de 200.7 mm mensuales. Por su parte el escenario Niño<sup>109</sup>, supone un aumento de la temperatura en 7.99% y de la precipitación en 80.47%. Finalmente, en el escenario Niña<sup>110</sup> la temperatura disminuye en 7.89% y la precipitación en 15.03%.

---

<sup>100</sup> Altitud 215, latitud 0° 54' 57" S y longitud 79° 14' 44" O.

<sup>101</sup> Esta micro localización es considerada adecuada para el desarrollo del cultivo.

<sup>102</sup> No se consideraron la polinización y la fertilidad.

<sup>103</sup> Se consideran 330 días.

<sup>104</sup> Se consideran 85 cm entre surcos por 80 cm entre plantas.

<sup>105</sup> La profundidad máxima que alcanza la raíz de la Banano es de 180 cm.

<sup>106</sup> El coeficiente del cultivo es de Kc= 1,15.

<sup>107</sup> El IC es de 60%.

<sup>108</sup> La temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 25 - 28°C.

<sup>109</sup> Se modela un episodio de Niño Moderado a Fuerte, donde la temperatura media llega a 26.94°C y la precipitación promedio a 3470.6 mm anuales.

<sup>110</sup> Se modela un episodio de Niña Moderado a Fuerte, donde la temperatura media llega a 23.3°C y la precipitación promedio a 1208.1 mm anuales.

**Tabla 12: Escenarios climáticos para el banano en la localidad de Manabí**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]		
	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha
Marzo	422.00	25.90			279.00	27.95			344.00	27.61	
Abril	324.00	25.00			1,159.00	27.70			327.00	25.24	
Mayo	395.00	26.50			897.00	28.15			452.00	27.26	
Junio	669.00	26.00	-		541.00	27.70	-		480.00	24.51	-
Julio	327.00	25.70	-		159.00	27.60	-		347.00	21.03	-
Agosto	22.80	24.50	0.24		39.30	25.65	0.33		68.00	25.78	0.05
Septiembre	10.00	24.00	4.41	17.67	6.80	26.25	5.46		2.00	21.00	4.95
Octubre	10.00	25.00	11.00	1.49	33.90	26.00	14.62	1.68	11.30	21.65	11.79
Noviembre	50.00	25.00	19.11	0.74	31.80	24.50	23.00	0.57	29.00	22.30	19.10
Diciembre	72.00	24.50	30.37	0.59	9.80	26.45	30.60	0.33	16.70	22.96	27.92
Enero	8.30	25.50	31.43	0.03	177.00	27.35	35.40	0.16	10.30	23.62	29.10
Febrero	98.00	27.00	32.11	0.02	137.00	27.95	36.00	0.02	243.80	27.12	29.70

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

[1] Normal: se define para el período 2013–2014.

[2] Niño: se define para la volatilidad media de los tres últimos períodos.

[3] Niña: se define para la volatilidad media de los tres últimos períodos.

En la Figura 10, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de banano para los tres escenarios planteados. Durante un año Niño Moderado a Fuerte<sup>111</sup>, el rendimiento máximo simulado es de 35.9 ton/ha, que aumenta respecto del promedio normal en 11.8 % - de 32.1 a 35.9 ton/ha - debido al aumento en la precipitación de 200.68 mm a 362.16 mm y en la temperatura de 25.38°C a 26.94 °C.

En el caso del banano comercial la temperatura media óptima se sitúa entre 26 °C y 28 °C, pero las plantas pueden tolerar temperaturas medias comprendidas entre 24 °C y 31 °C. Para temperaturas medias inferiores a 16 °C y superiores a 33 °C<sup>112</sup>, se hace inviable la producción de banano comercial, y el cultivo sufre un daño permanente por encima de los 40°C<sup>113</sup>. En el Ecuador el clima es ideal para la producción de banano y la magnitud de los aumentos de temperatura previstos para 2030 y 2050 no son alarmantes.

El aumento de las precipitaciones probablemente sea más beneficioso que perjudicial para la producción de banano en el Ecuador. Solo cuando el aumento se manifiesta en forma de violentas lluvias ocasionales, es probable que sea perjudicial. Cuando el aumento presenta una distribución uniforme, es probable que sea beneficioso, porque reducirá ligeramente la dependencia del riego en los meses más secos.

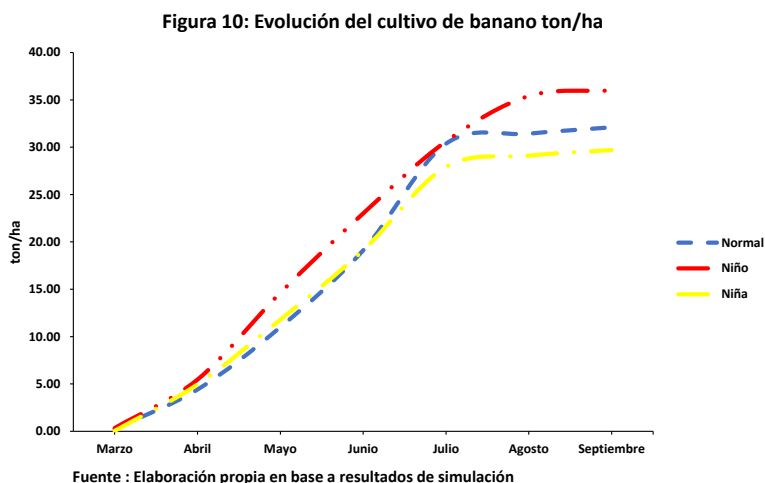
En un episodio de Niña Moderado el rendimiento disminuiría de 32.1 a 29.7 ton/ha, debido a la disminución de 25.38°C a 24.38°C y de 200.6 a 170.51 mm mensuales de precipitación. En este caso se verifica estrés por sequía y descensos repentinos de temperatura que

<sup>111</sup> La temporada de lluvias es en el presente, y seguiría siendo de acuerdo a las proyecciones futuras muy variable, en este sentido se verifica un aumento en la incertidumbre climática para este cultivo. También la intensidad es más fuerte y afecta directamente a los cultivos de banano.

<sup>112</sup> Cuando la temperatura media máxima diaria superará los 34 °C casi la mitad del tiempo en marzo y abril, presenta un riesgo del 5% hasta en los meses relativamente frescos de julio y agosto.

<sup>113</sup> Cuanto mayor la temperaturas, menor el tiempo de maduración y por lo tanto se producen frutos más pequeños.

provocan pérdidas de rendimiento. Sin embargo, la principal preocupación son las probables consecuencias del aumento en la incidencia de plagas y enfermedades provocadas por el clima.



Durante un episodio de Niña Fuerte el cultivo del banano dependería de agua de sistemas de riego para su supervivencia, debido a que la disminución en intensidad de las precipitaciones ocasionaría que no se satisfaga las necesidades del cultivo. También se incrementaría la probabilidad que disminuyan las temperaturas frías, aunque de acuerdo a la tendencia, se esperaría que las condiciones para el crecimiento de la producción de banano en el Ecuador mejoren.

Finalmente, una posible adaptación para el cultivo del banano en un escenario de Niño Moderado a Fuerte sería trasladar la producción del mismo a mayores altitudes, de esta forma se compensaría las temperaturas medias. Debemos notar que por cada 100 metros ascendidos disminuiría la temperatura aproximadamente y uniformemente en 0.65°C. Una segunda posible adaptación es el desarrollo de variedades adaptadas a altas temperaturas.

### **Cacao en Ecuador (*Theobroma cacao*)**

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica San Juan de Manabí<sup>114</sup> ubicada en la Provincia Cotopaxi<sup>115</sup>. Está localización presenta un rendimiento de cacao de 0.33 ton/ha. Para la simulación<sup>116</sup> se calibraron los siguientes parámetros

<sup>114</sup> Altitud 215, latitud 0° 54' 57" S y longitud 79° 14' 44" O.

<sup>115</sup> Esta micro localización es considerada adecuada para el desarrollo del cultivo.

<sup>116</sup> No se consideraron la polinización y la fertilidad.

(Anexo 4.6.): i) el ciclo del cultivo<sup>117</sup>; ii) la densidad de siembra<sup>118</sup>; iii) la profundidad<sup>119</sup>; iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>120</sup>; v) el índice de cosecha<sup>121</sup>; vi) la temperatura<sup>122</sup>.

En la Tabla 13, se observan los rendimientos de producción del cacao para tres diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura máxima de 36.9°C, media de 24.8°C, mínima de 14.4°C y precipitaciones regulares de 324 mm mensuales. Por su parte el escenario Niño<sup>123</sup> supone un aumento de la temperatura en 7.09% y de la precipitación en 3.84%. Finalmente, en el escenario Niña la temperatura disminuye en 6.7% y la precipitación en 50.7%.

**Tabla 13: Escenarios climáticos para el cacao en la localidad de Manabí**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]		
	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C media	ton/ha
Septiembre	30.00	25.40	-		29.00	25.30	-		9.50	23.60	-
Octubre	17.70	25.50	-		16.70	26.40	-		92.80	22.90	-
Noviembre	57.00	24.00	-		10.30	25.70	-		133.00	23.60	-
Diciembre	390.60	24.15	0.00		243.80	25.25	0.00		244.00	24.00	-
Enero	797.50	24.90	0.00	0.50	285.20	27.95	-		422.00	25.00	0.02
Febrero	309.50	24.30	0.02	11.00	584.00	27.70	0.02		324.00	25.75	0.05
Marzo	395.00	25.00	0.13	6.06	997.00	28.15	0.15	6.06	251.00	26.00	0.19
Abril	541.00	25.40	0.31	1.46	823.00	27.70	0.37	1.46	267.00	25.50	0.29
Mayo	79.10	24.75	0.34	0.07	382.00	27.60	0.39	0.07	327.00	24.10	0.30

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

[1] Normal: se define para el período 2013–2014.

[2] Niño: se define para la volatilidad media de los tres últimos episodios.

[3] Niña: se define para la volatilidad media de los tres últimos episodios.

En la Figura 11, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de cacao para los tres escenarios planteados. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0.392 ton/ha, que aumenta respecto del promedio normal en 17 % - de 0,335 a 0,392 ton/ha - debido al aumento en la precipitación media de 324.14 mm a 374.56 mm y en la temperatura media de 24.82°C a 26.86 °C<sup>124</sup>. En la medida que el episodio tienda a ser fuerte, se esperaría que la temperatura máxima sobrepase los 30°C<sup>125</sup>.

El aumento en la precipitación ayuda a tener un mayor crecimiento de la biomasa en la etapa de desarrollo fenológico, pero puede ocasionar erosión del suelo y pérdida de nutrientes. El cacao es sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por

<sup>117</sup> Se consideran 200 días.

<sup>118</sup> Se consideran 85 cm entre surcos por 80 cm entre plantas.

<sup>119</sup> La profundidad máxima que alcanza la raíz de la Cacao es de 200 cm.

<sup>120</sup> El coeficiente del cultivo es de Kc= 1,05.

<sup>121</sup> El IC es de 30%.

<sup>122</sup> La temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 23 - 25°C.

<sup>123</sup> Se modela un episodio de Niño Moderado a Fuerte, donde la temperatura media llega a 26.86°C y la precipitación promedio a 3371 mm anuales.

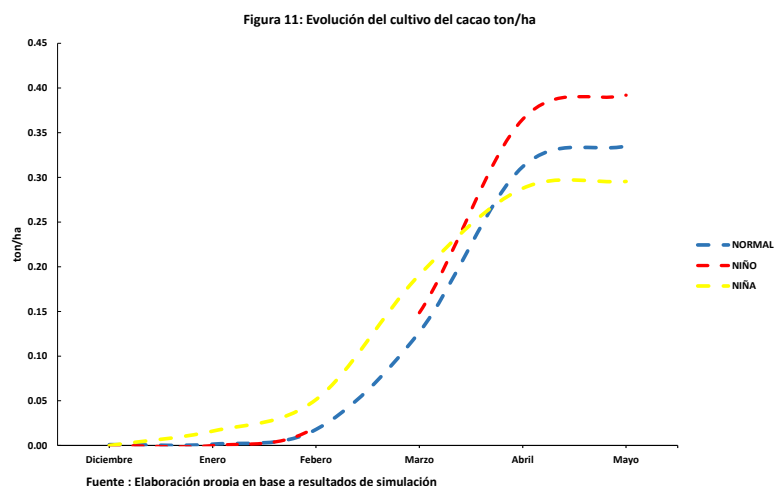
<sup>124</sup> El aumento de la temperatura media permite que la actividad fisiológica del cultivo se desarrolle eficazmente, la temperatura determina la formación de flores. Cuando está a 21° C la floración es menor, a 25° C la floración es normal y abundante.

<sup>125</sup> Es el umbral máximo para un buen desarrollo del cultivo.

lo que se precisan suelos con un buen drenaje, esta situación puede ser importante durante un episodio fuerte. También el anegamiento o estancamiento pueden provocar la asfixia de las raíces y su muerte en poco tiempo.

En un episodio de Niña Moderado a Fuerte, el rendimiento disminuiría de 0,335 a 0,295 ton/ha, esto ocurriría por la disminución de 2.37°C respecto de la temperatura media y de 45.6 mm mensuales de precipitación. La variación de la temporada de lluvias, sería más corta e intensa y duraría de 3 a 4 meses, mientras que en la época de verano las sequías serían más fuertes.

El agua puede permanecer en la superficie mucho tiempo o se puede infiltrar rápido, ambos casos extremos son nocivos. Para el primer caso, los drenajes son una solución adecuada; mientras que para el segundo caso, sería necesario un buen sombreado con alta permanencia de hojarasca, debido a que retiene mejor el agua.



Como resultado de la simulación, observamos que el exceso de lluvias que pueda ocurrir en el período de desarrollo del fruto, incrementaría la probabilidad de que bajen los rendimientos. El cacao es vulnerable a altos porcentajes de humedad prolongada, porque aumenta la presencia del hongo Moniliasis, por lo que se recomienda realizar zanjas de infiltración para evacuar el exceso de precipitaciones.

Una opción interesante es la implementación de sistemas agroforestales con frutales como la guaba, que mejorarían el microclima, evitarían la resequedad del suelo, disminuirían la evapotranspiración y permitirían optimizar el uso del recurso agua. También puede ser útil el deshierbe manual con la intención de acumular las yerbas o malezas alrededor de la planta, impidiendo la pérdida del agua, y evitando la mortandad en casos de sequía.

En el mediano plazo se recomienda que los pequeños productores y productoras introduzcan prácticas agroecológicas, promuevan un mayor control manual y orgánico de plagas que atacan el cacao, y prueben variedades que puedan resistir mejor a las variaciones climáticas, principalmente que sean resistentes a las sequías e inundaciones.

## Café en Ecuador (*Coffea arábica*)

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Lumbaqui<sup>126</sup> ubicada en la Provincia Manabí. La localización presenta un rendimiento de café de 0,49 ton/ha. Para la simulación del modelo se calibraron algunos parámetros en un simulador de cultivo<sup>127</sup> (Anexo 4.7.): i) el ciclo del cultivo<sup>128</sup>, ii) la densidad de siembra<sup>129</sup>, iii) la profundidad<sup>130</sup>, iv) el coeficiente del cultivo (Kc)<sup>131</sup>, v) el índice de cosecha<sup>132</sup> y vi) la temperatura<sup>133</sup>.

En la Tabla 14 se observan tres escenarios de rendimientos de producción del café para diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario Normal presenta una temperatura media de 24,4 °C y precipitaciones media de 460,2 mm. Por su parte un escenario Niño<sup>134</sup> supone un aumento de la temperatura cerca del 3 % y de la precipitación en 57,5%. Finalmente, en el escenario Niña<sup>135</sup> la temperatura disminuye en 3% y la precipitación en 48,9%.

**Tabla 14: Escenarios climáticos para el café en la Provincia de Manabí**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]			
	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.
Octubre	494	24.9			777.88	25.73			252.61	24.1		
Noviembre	383.4	24.9			667.28	25.73			142.01	24.1		
Diciembre	335.4	24.1			619.28	24.93			94.01	23.3		
Enero	447.3	24.51			731.18	25.34			205.91	23.71		
Febrero	455.78	24.28	0.11		739.66	25.11	0.13		214.39	23.48	0.12	
Marzo	493.94	24.1	0.24	118%	777.82	24.93	0.36	177%	252.55	23.3	0.22	83%
Abril	599.52	24.33	0.48	100%	883.4	25.16	0.58	61%	358.13	23.53	0.34	55%
Mayo	472.16	24.14	0.51	6%	756.04	24.97	0.6	3%	230.77	23.34	0.43	26%

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación**

[1] Normal: se define para el período 2013–2014.

[2] Niño: se define como la volatilidad media de los últimos tres episodios.

[3] Niña: se define como la volatilidad media de los últimos tres episodios.

En la Figura 12, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de café para los tres escenarios planteados. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento

<sup>126</sup> A una altitud 580 m, latitud 0°2'19''S y longitud 77°20'20.

<sup>127</sup> Se utilizó el Aqua-Crop es un programa calibrado para cultivos de ciclo corto, como ser leguminosas, cereales y tubérculos. Sin embargo para poder simular cultivos de ciclo largo como ser frutales, es necesario recalibrar los parámetros en función un horizonte temporal mayor.

<sup>128</sup> Se asumen 230 días, desde que comienza la floración hasta que llega a su madurez fisiológica.

<sup>129</sup> Se supone que existe 2 m entre surcos por 1 m entre plantas.

<sup>130</sup> La profundidad máxima que alcanza la raíz de la quinua es de 100 cm.

<sup>131</sup> El Kc es de 1,1.

<sup>132</sup> El IC es de 45%.

<sup>133</sup> La temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 20 – 27 °C.

<sup>134</sup> Se modela un episodio de Niño moderado a fuerte, donde la temperatura media es de 25,2 °C y la precipitación promedio de 744,1 mm.

<sup>135</sup> Se modela un episodio de Niña moderado a fuerte, donde la temperatura promedio es de 23,6 °C y precipitación promedio de 218,8 mm.



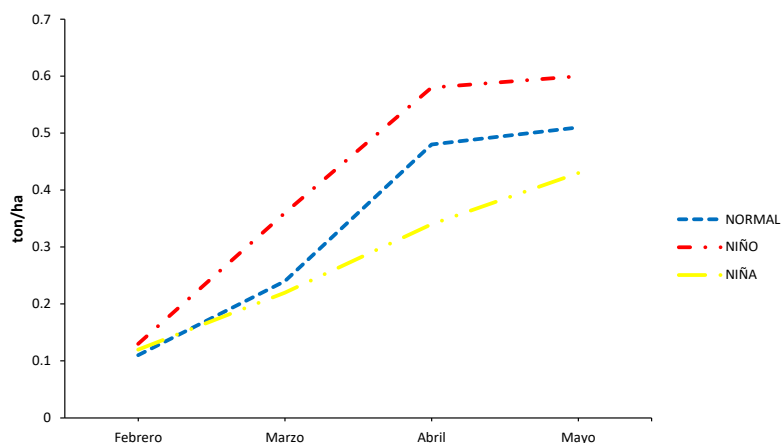
máximo simulado es de 0,6 ton/ha, el cual aumenta respecto del promedio normal en 17,6% - de 0,51 a 0,6 ton/ha – debido al aumento en las precipitaciones de 460,2 a 744,1 mm/mensual y en la temperatura de 24,4 a 25,2 °C.

En episodio Niño de esta magnitud se esperaría que el incremento de la precipitación aumentaría la biomasa así mismo la fotosíntesis, generando mayor energía para la planta, lo cual provocaría que la producción de frutos sea de mejor calidad. El aumento de temperatura ocasionaría que la humedad bajara de 95 % a 88 %, obteniendo así el rango de humedad adecuado para el desarrollo del cultivo que es de 80 – 90%.

Para un episodio de Niña Moderado a Fuerte el rendimiento máximo simulado sería de 0,43 ton/ha, es decir, que disminuiría en 17,7 % respecto al escenario normal – de 0,51 a 0,43 ton/ha – debido a que la precipitación disminuiría de 460,2 a 218,8 mm/mensual y la temperatura de 24,4 a 23,6 °C.

Al bajar estos parámetros la planta presentaría déficit hídrico, con una humedad menor al 80 % se generaría estrés en la planta, dando como resultado un proceso de formación de los frutos más lento, con frutos más pequeños, desuniformes y de mala calidad. Con una calidad menor del fruto, la actividad comercial de los pequeños productores y productoras se vería afectada en cuanto a los ingresos obtenidos por la venta del producto.

Figura 12: Evolución del cultivo de café en ton/ha



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación

De acuerdo a la simulación realizada el rendimiento de café se incrementaría bajo la incidencia del fenómeno del Niño y disminuiría con la Niña, ambos respecto al escenario normal. Para el escenario del normal se recomienda una buena fertilización de NPK, realizar podas de fructificación<sup>136</sup> e incorporar riego tecnificado, para evitar pérdidas por evaporación.

<sup>136</sup>Poda de fructificación: Se realiza a los árboles frutales y consiste en realizar una poda, partiendo del principio de una pieza de fruta requiere cuarenta hojas maduras para desarrollar un tamaño adecuado y de calidad.

Para un episodio de Niño Moderado a Fuerte se recomienda realizar una buena fertilización, realizar podas de saneamiento<sup>137</sup> y fructificación, para aumentar aun más el rendimiento. Cuando se presenta el fenómeno de la Niña se recomienda incorporar riego por goteo, para aprovechar al máximo el agua, incorporando por este medio los nutrientes que la planta requiere para la formación de los frutos.

### **Quinoa en Ecuador (*Chenopodium quinoa*)**

Para la realización de este ejercicio se tomaron datos de la Estación Meteorológica de Puyo, ubicada en la Provincia Chimborazo. Esta localización presenta un rendimiento de quinua de 1,19 ton/ha, considerado como aceptable para el promedio nacional. Para la simulación<sup>138</sup> se calibraron los siguientes parámetros (Anexo 4.8): i) el ciclo del cultivo<sup>139</sup>, ii) densidad de siembra<sup>140</sup>, iii) profundidad<sup>141</sup>, iv) coeficiente del cultivo (Kc)<sup>142</sup>, v) índice de cosecha<sup>143</sup>, vi) temperatura<sup>144</sup>, vii) la salinidad<sup>145</sup>.

En la Tabla 15, se observan los rendimientos de producción de la quinua para diferentes escenarios climáticos (i.e. Normal, Niño, Niña). El escenario normal presenta una temperatura media 22,4 °C y una precipitación media de 409,3 mm. Por su parte el escenario Niño<sup>146</sup> supone un aumento de la temperatura cerca 3,1 % y la precipitación en 42,2 %. Finalmente, en el escenario Niña<sup>147</sup> la temperatura disminuye en 3,6 % y la precipitación en 29,7%.

---

<sup>137</sup> Poda de saneamiento: consiste en eliminar las ramas secas y rotas de los.

<sup>138</sup> No se consideraron la polinización y la fertilidad.

<sup>139</sup> 180 días.

<sup>140</sup> 60 cm entre surcos por 30 cm entre plantas.

<sup>141</sup> Profundidad máxima que alcanza la raíz de la quinua es de 100 cm.

<sup>142</sup> Kc 0,25.

<sup>143</sup> IC 30%.

<sup>144</sup> Temperatura que necesita el cultivo para su desarrollo de 7 – 17 °C.

<sup>145</sup> Salinidad con un rango de 8 a 16 dS/m.

<sup>146</sup> Temperatura media de 23,1 °C y precipitación promedio de 582,1 mm.

<sup>147</sup> Temperatura promedio de 21,6 °C y precipitación promedio de 287,7 mm.

**Tabla 15: Escenarios climáticos para la quinua en la Provincia de Chimborazo**

Mes	NORMAL[1]				NIÑO[2]				NIÑA[3]			
	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.	PP (mm)	T °C	ton/ha	Tasa de crec.
Noviembre	421.6	22.9			594.45	23.56			299.8	22.13		
Diciembre	332.9	22.55			505.75	23.21			211.1	21.78		
Enero	402.46	22.15			575.31	22.81			280.66	21.38		
Febrero	403.84	22.06			576.69	22.72			282.04	21.29		
Marzo	432.2	22.38	0.18		605.05	23.04	0.18		310.4	21.61	0.14	
Abril	466.46	22.52	0.74	311%	639.31	23.18	0.66	267%	344.66	21.75	0.74	429%
Mayo	405.54	22.28	1.1	48.6%	578.39	22.94	0.98	48.5%	283.74	21.51	0.99	33.8%

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados de simulación**

[1] Norma: se defino para el año 2013–2014.

[2] Niño: se defino como la volatilidad media de los tres últimos episodios.

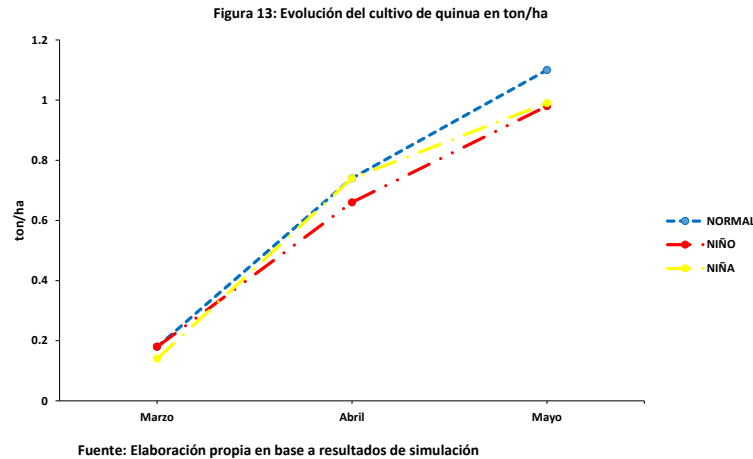
[3] Niña: se defino como la volatilidad media de los tres últimos episodios.

En la Figura 13, se observa la evolución en el rendimiento del cultivo de quinua para los tres escenarios planteados. Durante un episodio de Niño Moderado a Fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,98 ton/ha, que disminuiría respecto del promedio normal en 10,9 % - de 1,1 a 0,98 ton/ha – debido al aumento en la precipitación de 409,3 a 582,1 mm/mensual y en la temperatura de 22,4 a 23,1 °C, provocando el aumento de la humedad relativa hasta un 100 % en la costa de Ecuador.

En un episodio Niño de esta magnitud se esperaría que el incremento de la temperatura provocaría el aborto de flores y muerte de estimas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano. Al incrementar la precipitación, aumentaría la humedad hasta 100 %, pero esta humedad se presenta en los meses de mayor desarrollo del cultivo, lo que facilita que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fungosas como es el caso del mildiu<sup>148</sup>.

En un año Niña medio a fuerte, el rendimiento máximo simulado es de 0,99 ton/ha, es decir, que disminuye en 10 % respecto al escenario normal – de 1,1 a 0,99 ton/ha – debido a que la precipitación disminuye de 409,3 a 287,7 mm/mensual y la temperatura de de 22,4 a 21,6 °C. Al disminuir la temperatura provoca una baja floración y un mal llenado del grano. Las bajas precipitaciones son toleradas por este cultivo ya que es resiliente.

<sup>148</sup> *Peronospora variabilis*, condiciones favorables para la enfermedad son la alta humedad y precipitaciones continuas, aparecen manchas pequeñas las hojas se tornan cloróticas y posteriormente se cae y se detiene su crecimiento.



De acuerdo a lo esperado el rendimiento de la quinua disminuiría bajo la incidencia de los fenómenos climáticos de Niño y Niña, respecto al escenario normal. Ante un episodio de Niño Moderado a Fuerte se recomienda sembrar variedades resistentes al Mildiu y a una alta humedad como INIA 427 – Amarilla Sacaca o Amarilla Maranganí, y que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento.

Cuando se presente un episodio de Niña Moderado a Fuerte, se recomienda utilizar algún sistema de riego, aunque esta recomendación técnica, muchas veces no coincide con las condiciones económicas de pequeños productores y productoras. El riego por las mañanas o por las noches permitiría evitar la excesiva evapotranspiración, también se podrían utilizar variedades resistentes a temperaturas y precipitaciones bajas como el INIA 431 – Altiplano, Blanca de Juli o Kankolla.

## 8. Conclusiones

En general el cambio climático está provocando impactos negativos en las diferentes especies animales y vegetales, actividades agropecuarias y artesanales, fincas, ecosistemas, asentamientos humanos, etc. Dichos impactos se ven exacerbados por la vulnerabilidad que caracteriza a los productores agrícolas, sus familias y comunidades, y están generando daños y pérdidas crecientes en su nivel de ingresos.

En Bolivia se espera que los efectos del cambio climático se traduzcan en una mayor desertificación y falta de riego que afectará sobre todo el Altiplano, mientras que inundaciones por precipitaciones fuertes afectarían sobre todo las tierras bajas. La fertilización de CO<sub>2</sub> afecta positivamente todo el territorio, pero más a las áreas húmedas que a las áreas secas.

De acuerdo a los modelos climáticos, las opciones de adaptación espontánea son mejores para áreas frías, ya que pueden adoptar cultivos que rinden bien en climas más calientes. En cambio, las áreas más calientes de Bolivia tienen pocas opciones de adaptación, y no se conocen en mucho detalle cultivos adecuados que se puedan adaptar al nuevo clima.

En Ecuador se espera que los efectos del cambio climático se traduzcan en un Niño más frecuente e intenso, con fuertes impactos sobre la infraestructura agropecuaria, y brotes de plagas y enfermedades en especies animales y vegetales. Un aumento de las lluvias en casi todas las regiones, con mayor humedad del aire, eventos climáticos más extremos (i.e heladas, granizadas, lluvias más intensas, mayores temperaturas durante los días secos, y sequías más prolongadas).

También los modelos pronostican importantes cambios en los patrones de las lluvias en el centro del país (prematuras o tardías), aumentos de las temperaturas y reducción de las lluvias (provincia Chimborazo), sequías combinadas con excesos de humedad, mayores volúmenes de lluvia, aumento de las temperaturas y humedad del aire (provincia Esmeraldas).

En ausencia de efectos climáticos extremos, se estima que en Bolivia el comportamiento de la temperatura y la precipitación inciden de forma positiva en los ingresos agrícolas, incrementando en promedio 31.36\$ y 3.68\$ el valor de cada hectárea cultivada. En el caso del Ecuador la temperatura incide en 50.5 \$ por cada hectárea cultivada, y la precipitación en 15.54\$.

Del otro lado, cuando los fenómenos climáticos de Niño y Niña son de intensidad Moderada a Fuerte, los ingresos agrícolas se reducen en 36.45\$ y 14.86\$ por hectárea cultivada, respectivamente. En el caso del Ecuador el Niño y Niña de intensidad Moderada a Fuerte reduce los ingresos agrícolas en 56.76\$ y 22.35\$ por hectárea cultivada, respectivamente. Si bien la variabilidad climática afecta de forma negativa a los ingresos agrícolas en ambos países, en promedio se verifica que es mayor la incidencia de la temperatura que de la precipitación.

## **9. Recomendaciones específicas a cultivos**

### **Banano en Bolivia**

El manejo del cultivo del banano en gran medida no se encuentra tecnificado, y existe falta de asesoramiento técnico para los pequeños productores que lo cultivan. Por ejemplo, la enfermedad del Falso Mal de Panamá puede ser prevenida, **reduciendo la incidencia del estrés en el material recientemente sembrado.**

La infestación con nematodos, compactación del suelo, saturación hídrica, riego insuficiente y aplicación insuficiente de fertilizantes, normalmente causan estrés en plantas jóvenes. Por lo tanto, **se necesitan una buena preparación y manejo del suelo para promover el vigor de las raíces y prevenir la ocurrencia de las enfermedades.**

**Los sistemas de riego, si se dispone de ellos, deberían estar en el lugar antes de la siembra, siendo necesario su verificación regular. También, puede ser necesaria la utilización de drenajes.** Con todas estas medidas, se estima que el rendimiento podría aumentar hasta en un 50%.

## Cacao en Bolivia

El exceso de lluvias que puedan ocurrir en el periodo de desarrollo del fruto puede inducir una alta probabilidad de que bajen los rendimientos, ya que el cacao es vulnerable a altos porcentajes de humedad prolongada aumentando la presencia del hongo Moniliasis (Putridión acuosa), por lo tanto **se recomienda realizar zanjas de infiltración.**

En un escenario de Niño, para evitar pérdidas considerables de rendimiento a medida que aumente la temperatura, se debe compensar este efecto con el **uso de sistemas de riego preferentemente sistema por goteo.** Para evitar pérdidas de agua por evapotranspiración **se recomienda cubrir el suelo con residuos vegetales, conservando la humedad.**

En un escenario de niña, a medida que bajan las temperaturas el desarrollo se hace más lento, **se recomienda usar variedades que toleren un descenso de temperatura.** También, se requiere realizar estudios sobre material genético e identificar variedades que se adapten a escenarios de variación climática y cambio climático (e.g. ubicación a localizaciones de mayor altitud).

## Café en Bolivia

Para un escenario Normal se recomienda incorporar un riego por goteo muy controlado, y realizar una buena fertilización en los dos últimos meses de desarrollo del fruto. Cuando se presenta el fenómeno del Niño **se recomienda realizar una buena fertilización durante la maduración del fruto** para que el cultivo aproveche al máximo los nutrientes necesarios para la formación del fruto, mejorado así su calidad. Cuando se presenta el fenómeno de la Niña **se recomienda utilizar riego por goteo para tener un aprovechamiento del 80 %** de agua, y para que cuando se apliquen los fertilizantes se disuelva con el agua.

## Quinoa en Bolivia

Cuando se presenta el fenómeno del Niño, **se recomienda que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento.** También, utilizar una cobertura cuando comienzan las siembras para que las altas temperaturas no lleguen a secar las plantas recién germinadas, para mantener la humedad del suelo y para evitar la escorrentía.

Cuando se presente el fenómeno de la niña, se recomienda incorporar un **sistema de riego preferentemente por aspersión,** para que el cultivo tenga el agua necesaria para su germinación, desarrollo, floración, formación del grano y madures fisiológica, ya que disminuye la precipitación.

## Banano en Ecuador

Actualmente el factor limitante de la zona es elevado riesgo de que se registren temperaturas frías (mínimas por debajo de 10 °C y medias por debajo de 16 °C). De acuerdo a la tendencia, se espera que las condiciones para el crecimiento de la producción de

banano en el Ecuador mejoren, aunque también aumentaría la superficie no apta para el cultivo.

Una posible adaptación es trasladar la producción de banano a mayores altitudes, sin embargo, aumentar la altitud en 500 metros para compensar plenamente el incremento medio de 3,3 °C previsto por el IPCC, podría tener diversos efectos sociales sobre los pequeños productores. Una segunda posible adaptación es el desarrollo y adopción de variedades adaptadas a altas temperaturas.

### **Cacao en Ecuador**

El exceso de lluvias que pueda ocurrir en el periodo de desarrollo del fruto, incrementa la probabilidad de que bajen los rendimientos. El cacao es vulnerable a altos porcentajes de humedad prolongada, porque aumenta la presencia del hongo Moniliasis, por lo que se recomienda realizar zanjas de infiltración para evacuar el exceso de precipitaciones.

Una opción interesante es la implementación de sistemas agroforestales, que mejoran el microclima, evitan la resequedad del suelo, disminuyen la evapotranspiración y permiten optimizar el uso del recurso agua. También puede ser útil el deshierbe manual con la intención de acumular las yerbas o malezas alrededor de la planta, impidiendo la pérdida del agua, y evitando que las plantas se mueran en casos de escasez de agua.

En el mediano plazo se recomienda que los pequeños productores introduzcan prácticas agroecológicas, promuevan un mayor control manual y orgánico de plagas que atacan el cacao, y prueben variedades que puedan resistir mejor a las variaciones climáticas, principalmente que sean resistentes a las sequías e inundaciones.

### **Café en Ecuador**

Durante un escenario del Normal, se recomienda realizar una buena fertilización de NPK, realizar podas de fructificación e incorporar riego tecnificado, para evitar pérdidas por evaporación. Cuando se presenta un escenario de Niño se recomienda realizar una buena fertilización, realizar podas de saneamiento y fructificación, para aumentar aun más el rendimiento. En el caso de un fenómeno de Niña, se recomienda incorporar riego por goteo para aprovechar al máximo el agua, incorporando por este medio los nutrientes que la planta requiere para la formación de los frutos.

### **Quinoa en Ecuador**

Cuando se presente el fenómeno del Niño, se recomienda sembrar variedades resistentes al Mildiu y a una alta humedad como INIA 427 – Amarilla Sacaca o Amarilla Maranganí y que las parcelas tengan una pendiente entre 0,01 - 0,5 % para evitar encharcamiento.

Cuando se presente el fenómeno de la Niña, se recomienda utilizar riego por aspersión por las mañanas o por las noches para evitar la excesiva evapotranspiración, utilizar variedades

resistentes a temperaturas y precipitaciones bajas como el INIA 431 – Altiplano, y la Blanca de Juli o Kankolla.



## Referencias bibliográficas

Aguilar (2014): Políticas agropecuarias y soberanía alimentaria en el contexto de la adaptación al cambio climático. Perspectiva FES El Salvador. Mesa de Cambio Climático de El Salvador. N°03/2014. San Salvador.

Aliaga, J., Aguilar (2010): The Climate Change Effects on the Agricultural Sector of Bolivia. Latin American Journal of Economic Development XII.

Aliaga, J., Lobo, B (2014): Disponibilidad, consumo y utilización biológica de alimentos en Bolivia: Análisis y perspectivas 1990-2030. Latin American Journal of Economic Development XXII.

Aliaga, J., Herrera, A (2015): Acceso a oportunidades inclusivas en Bolivia. Latin American Journal of Economic Development XXII.

Andersen, L. 2014. La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos de eventos extremos sobre Infraestructura y producción Agropecuaria. C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds), Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 190, Washington, DC.

Arenas, J.C. 2014. La economía del cambio climático en Bolivia: Impactos de eventos extremos sobre Infraestructura y producción Agropecuaria. C.E. Ludeña y L. Sanchez-Aragon (eds), Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 190, Washington, DC.

Banco Central de Ecuador (2017). Reporte de productividad agrícola. Quito: Banco Central del Ecuador.

Banco Central del Ecuador. (2016). BOLETIN ANUARIO NO. 39-2016. QUITO.

Barrera, G. O. (2017). Violence Against Women and Climate Change: What Does the Evidence Say? Spain: World Health Organization.

Bourguignon, François (2004), "The Poverty-growth-inequality triangle", *New Delhi Working Paper*, N° 125, Nueva Delhi, Indian Council for Research on International Economic Relations.

- (2003), "The growth elasticity of poverty reduction: explaining heterogeneity across countries and time periods", *Inequality and Growth: Theory and policy implications*, Theo S. Eicher y Stephen J. Turnovsky (eds.), Cambridge, MIT Press.

Bourguignon, François y Christian Morrisson (2002), "Inequality among world citizens: 1820–1992", *American Economic Review*, vol. 92, N° 4.

CIAT, FAO, CGIAR, CCAFS (2018): Retos del Cambio Climático para la Agricultura en América Latina y el Caribe.

CATHALAC 2008: Impactos potenciales del cambio climático en la biodiversidad de Centroamérica, México y República Dominicana. [E.R. Anderson, E.A. Cherrington, A.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2012. La economía del cambio climático en Centroamérica. Impactos potenciales en los patrones intra anuales y espaciales del clima. Serie técnica 2012. UKAID, CEPAL, DANIDA. Proyecto La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Naciones Unidas.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2011. La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Informe Técnico 2011. DFID, CEPAL, DANIDA. Proyecto La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Naciones Unidas.

CEPAL. (17 de Noviembre de 2014). Crecimiento económico y combate al cambio climático. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/noticia/crecimiento-economico>

Dinar, Ariel y Dan Yaron (1992), "Adoption and abandonment of irrigation technologies", *Agricultural Economics*, vol. 6, Nº 4.

Dinar, Ariel y J. Letey (1991.a), "Agricultural water marketing, allocative efficiency, and drainage reduction", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 20, Nº 3.

Dinar, Ariel y otros (1991.b), *The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture*, Kluwer Academic Publishers.

Fundación Carolina. (2016). Impacto económico del cambio climático en la agricultura en el Ecuador. Madrid: CeALCI.

Gallegos Garzón, M. (2015). Análisis mercado de carbono en el Ecuador. Observatorio de la Economía Latinoamericana.

INEC. (19 de Noviembre de 2017). Estadísticas Agropecuarias. Obtenido de [www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias\\_2/](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias_2/)

Instituto de Estadísticas y Censos. (2016). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y subempleo.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). Encuesta de superficie y producción-agropecuaria- continua 2016.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inamhi). (20 de Agosto de 2017). Boletín Climatológico Decadal. Quito-Ecuador: Estudios e Investigaciones Hidrometeorológicas.

International Organization for Migration. (2018). IOM. Recuperado de <https://www.iom.int/migration-and-climate-change-0>

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2018. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policy Makers, formally approved at the First Joint Session

of Working Groups I, II and III of the IPCC and accepted by the 48th Session of the IPCC, Incheon, Republic of Korea, 6 October 2018. Subject to copy edit.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2014b. Resumen técnico. En: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. y White, L.L. (Eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2007b. Resumen Técnico. En Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J. y Hanson, C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Läderach, P.; Lundy, M.; Jarvis, A.; Ramirez, J.; Perez Portilla, E.; Schepp, K. y Eitzinger, A. 2011. Predicted Impact of Climate Change on Coffee Supply Chains. The economic, social and political elements of climate change. 4: 703-723.

Loboguerrero, A., et al. 2018. "Feeding the World in a Changing Climate: An Adaptation Roadmap for Agriculture." Rotterdam and Washington, DC. Available online at [www.gca.org](http://www.gca.org)

Loboguerrero, A. et al. 2018. "Bridging the gap between climate science and farmers in Colombia". Climate Risk Management.

MAGAP. (2016). LA POLITICA AGROPECUARIA ECUATORIANA " HACIA EL DESARROLLO TERRITORIAL RURAL, SOSTENIBLE 2015-2015. QUITO.

Masseti, Emanuele y Robert Mendelsohn (2011), "The impact of climate change on US agriculture: A repeated crosssectional Ricardian analysis", *Handbook on Climate Change and Agriculture*, Ariel Dinar y Robert Mendelsohn (eds.), Edward Elgar.

Mendelsohn, Robert (2009), "The impact of climate change on agriculture in developing countries", *Journal of Natural Resources Policy Research*, vol. 1, Nº 1. - (2007), "Chapter 60: Past Climate Change Impacts on Agriculture", *Agricultural Development: Farmers, Farm Production and Farm Markets*, Robert E. Evenson y Prabhu Pingali (eds.), Elsevier.

Mendelsohn, Robert y Ariel Dinar (2009), *Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects*, Edward Elgar, octubre.

Mendelsohn, Robert y N. Seo (2007a), "A structural Ricardian analysis of climate change impacts and adaptations in South American farms", documento presentado en el Environmental Economics Seminar.

- (2007b), "Changing farm types and irrigation as an adaptation to climate change in Latin American agriculture", Policy Research Working Paper, N° 4161, Banco Mundial.

Mendelsohn, R.O., J. Arellano y P. Christensen (2010), "A Ricardian analysis of Mexican farms," Environment and Development Economics, vol. 15, N° 2.

Mendelsohn, R.O. y otros (2007), "Climate analysis with satellite versus weather station data", Climatic Change, vol. 81, N° 1.

- (2000), "Country-specific market impacts of climate change", Climatic Change, vol. 45, N° 3-4.

Mendelsohn, R. O, J. Arellano-Gonzalez y P. Christensen (2010), "A Ricardian Analysis of Mexican Farms", Environment and Development Economics, vol. 15, núm. 2.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador. Quito-Ecuador: MAE.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito- Ecuador.

Morales R., Galoppo E., Jemio L., Choque M. & Morales N. (2000) "Bolivia: Geografía y Desarrollo Económico". Inter-American Development Bank. Research Network Working paper #R-387.

Naciones Unidas. (2018). Naciones Unidas Cambio Climático. Retrieved from <https://unfccc.int/topics/gender/the-big-picture/introduction-to-gender-and-climate-change>.

OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2012), *Farmer Behaviour, Agricultural Management and Climate Change*, París, OECD Publishing.

- (2010), "Agriculture and pro-poor growth", documento preparado para el proyecto a Train4Dev/ OECD DAC POVNET Joint Learning Event: Promoting Pro-Poor Growth.

- (2007), *Promoting Pro-Poor Growth: Policy guidance for donors*, París.

PROCAFÉ 2012. El efecto del clima en los cafetales. Comunicados Técnicos N° 1 y 2.

PROMECAFÉ 2013. Informe sobre el brote de la roya del café en Centroamérica y Plan de Acción para combatir la plaga. Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura de Centroamérica, República Dominicana y Jamaica (PROMECAFÉ). OIT, ED 2157/13 del 13 de mayo de 2013.

Ravallion, Martin (2004), "Defining pro-poor growth: a response to Kakwani", International Policy Centre for Inclusive Growth.

Ravallion, Martin y Shaohua Chen (2007), "China's (uneven) progress against poverty", *Journal of Development Economics*, vol. 82, N° 1, enero.

- (2003), "Measuring pro-poor growth", *Economics Letters*, vol. 78, Nº 1, enero.
- Ravallion, Martin y Gaurav Datt (2002), "Why has economic growth been more pro-poor in some states of India than others?", *Journal of Development Economics*, vol. 68, Nº 2, agosto.
- (1996), "How important to India's poor is the sectoral composition of economic growth?", *World Bank Economic Review*, vol. 10, Nº 1.
- Seo, Niggol (2011), "An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America", *Ecological Economics*, vol. 70, Nº 4.
- Seo, Niggol y Robert Mendelsohn (2008a), "A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms", *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 68, Nº 1, marzo.
- (2008b), "An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms", *Ecological Economics*, vol. 67, Nº 1.
- (2007), *An Analysis of Crop Choice: Adapting to Climate Change in Latin American Farms*, Washington, D.C., Banco Mundial, marzo.
- Seo, S. N., y Mendelsohn, R. O. (2008), An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms. *Ecological Economics*, 67(1).
- Seo, N., & Mendelsohn R. 2007. An Analysis of Crop Choice: Adapting to Climate Change in Latin American Farms. Niggol Seo University of Aberdeen Business School, UK and Robert Mendelsohn School of Forestry and Environmental Studies, Yale University, USA.
- Stern, Nicholas (2013), "The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models", *Journal of Economic Literature*, vol. 51, Nº 3, septiembre.
- (2008), "The economics of climate change", *American Economic Review*, vol. 98, Nº 2, mayo.
- (SIPA), S. d., & Ganadería, M. d. (2016). PANORAMA AGROECONÓMICO 2016. QUITO-ECUADOR.
- UDAPE (2004) "Sector Agropecuario Bolivia: 1980-2004" UDAPE Dossier de Estadísticas en [www.udape.gov.bo](http://www.udape.gov.bo).
- Universidad Técnica del Norte. (23 de Marzo de 2017). La importancia de la agricultura para nuestro país. Obtenido de [www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091](http://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091)
- UN Women. (2009). Women, Gender Equality and Climate Change. UN Women Watch.
- Vandermeer y Perfecto 2013. Wake up and smell the coffee: the coffee ecosystem as a complex system. University of Michigan, unde contracto to Earthscan, London.

### **Anexo 1: Escenarios climáticos**

Los escenarios climáticos comprenden una línea evolutiva en lo que respecta a las características demográficas, sociales, económicas, de cambio tecnológico y están constituidos por cuatro familias de escenarios A1, A2, B1 y B2 (IPCC, 2000). Cuyas características principales son:

A1: Un mundo con un crecimiento económico muy rápido; población global que alcanza su punto máximo a mediados de siglo y disminuye a partir de entonces. Se presenta una introducción rápida de tecnologías nuevas y más eficientes.

A2: Un mundo muy heterogéneo con aumento continuo de la población global; con crecimiento económico regionalmente orientado y más fragmentado y más lento que en otros escenarios.

B1: Un mundo convergente con la misma población global que en A1 pero con cambios rápidos de estructuras económicas hacia una economía de la información y los servicios, con reducciones de intensidad material, y la introducción de tecnologías limpias y eficientes de recursos.

B2: Un mundo en el cual el énfasis está sobre soluciones locales para la sostenibilidad económica, social, y ambiental, con la población continuamente creciente (menor que en A2) y con un desarrollo económico intermedio.

## Anexo 2: Entrevista semi-estructurada

### EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SECTOR AGRÍCOLA

1. Complete la siguiente tabla, combinando riesgos con factores de riesgo que impone el cambio climático sobre el sector agrícola en su país. Aplique una escala de Likert, donde el valor de "0" corresponde al mínimo riesgo y 5 al máximo riesgo.

	Riesgos \ Factores de riesgo	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Concentración de CO2	Tendencia al cambio de temperatura	Tendencia a la sequia	Cubierta de nieve	Aum de for
1	Disminución de la producción (rendimiento) y calidad de los alimentos							
2	Ingresos más bajos en la comercialización de los productos							
3	Precios más altos							
4	Derretimiento de los glaciales e inundaciones por precipitación extrema							
5	Modificación del cambio de uso del suelo							
6	Desaparición de bosques							
7	Desaparición de biodiversidad							
8	Pérdida de servicio eco sistémico							
9	Disminución de ingresos de la población agrícola							
10	Aumento en la desigualdad de ingresos							

2. En la siguiente tabla, indique que factores han incidido en mayor manera sobre los siguientes cultivos (puede añadir algún cultivo que considere importante), enfóquese en los efectos adversos del cambio climático. Aplique una escala de Likert, donde el valor de "0" corresponde al mínimo riesgo y 5 al máximo riesgo.

Cultivos\Factores	Temperaturas extremas	Precipitación extrema	Tendencia al cambio de temperatura	Tendencia a la sequia	Comentario
Banano					
Cacao					
Café					
Quinoa					

3. ¿Qué recomendaciones generales de adaptación y mitigación al cambio climático haría usted en el sector agrícola en el Ecuador?
4. ¿Qué recomendaciones específicas de adaptación al cambio climático haría usted en función a los cultivos de la pregunta 2?
5. ¿Como considera el rol de la mujer en el sector agrícola en su país?

**Muchas gracias por su colaboración en el llenado de esta encuesta**



### Anexo 3: Lista de entrevistas

#### Lista de entrevistas semi-estructuradas

País	Nombre	Institución	Especialidad
Bolivia	Mariana Donoso Aramayo	RedOxígeno	Especialista en cambio climático y género
Bolivia	Blanca Rivero Lobo	Empresa Nacional de Alimentos	Economista agrícola experta en seguridad alimentaria
Bolivia	Hernán Zaballos	Ex Ministro de Agricultura	Economista agrícola
Bolivia	Naty Pary	Consultora independiente	Economista agrícola experta en comercio
Ecuador	Max Lazcano	Consultora independiente	Economista agrícola
Ecuador	Angel Valverde	Consultora independiente	Especialista en cambio climático
Ecuador	Dayana Jazmín	Consultora independiente	Especialista en cambio climático

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4.1: Banano Bolivia

		BANANO CACAO			
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Tmax °C	30°C	Temperatura máxima	La temperatura máxima y mínima permiten calcular la temperatura media que requiere el cultivo para la formación de flores y fruto que esta entre 25°C y 26°C	Santos 2010
	Tmin °C	20°C	Temperatura mínima		
	HR max %	100	Humedad relativa máxima	La humedad relativa para el desarrollo normal del cacao esta entre 70% y 80%, de la humedad relativa puede depender la propagación de plagas y enfermedades.	Santos 2010
	HR min %	13	Humedad relativa mínima		
	Vientos m/s	2.6	El viento puede ser un factor importante para el buen desarrollo de cacao.	En áreas donde existen vientos fuertes y constantes, las hojas de cacao pierden agua, posteriormente estas hojas caen y mueren.	
	Eto mm/día	5.59	Evapotranspiración máxima de la zona.		
CULTIVO	PPmm	483.3	Precipitación máxima de la zona.	El cultivo de banano requiere entre 166.6 mm/día y 375 mm/día de precipitaciones.	Santos 2010
	Tipo de cultivo	Fruto	Es una drupa o llamada Mazorca, con 20 a 25 almendras unidas a un eje llamado placenta.	Sirve para estimar el índice de cosecha.	Santos 2010
	Método de plantación	Siembra	Los arboles de cacao tardan entre 4 a 5 años en madurar. Viven hasta 30 años.		Santos 2010
	Día de siembra	Cualquier fecha		Se aprovecha el mes de marzo por las buenas condiciones climáticas, para que el plantín pueda enraizarse efectivamente.	Santos 2010
	Densidad de siembra	3 metros x 3 metros	Obteniendo 1,111 plantas por hectárea aproximadamente.		Santos 2010
	Profundidad de raíz	2,5 a 3 metros profundidad de raíz	La raíz penetra el suelo para conseguir sin mayores obstáculos, nutrientes y agua.		
	Índice de cosecha	60	Indica la relación que existe entre la planta de cacao y el fruto de valor comercial, en este caso cuantas mazorcas se necesitan para obtener 1 kg de cacao seco.		
Ciclo del cultivo %	Aproximadamente 300 días	Los árboles de cacao florecen 2 veces al año, primera floración comprende entre los meses de Junio y Julio, y la segunda floración que es menor en los meses de septiembre y octubre, el fruto tiene de 4 a 6 meses de maduración, por lo tanto la primera cosecha se realizara en los meses de octubre, noviembre y diciembre, la segunda cosecha en el mes de marzo y abril.		Espinoza, Olivera , Ledesma 2014 Producción del cacao y del chocolate en Bolivia	
RIEGO	Método de riego	Sin riego, cultivos a secano.			
SUELO	Número de horizontes	Franco arcilloso	Los suelos de Alto Beni, y CARANAVI presentan características aceptables de fertilidad para el uso agrícola extensivo. Generalmente son suelos Franco arcillosos.		CUMAT-COTESU1985, citado por Miranda 2005
	Número de curvas	78	Suelo textural C, laboreo C:Cultivos alineados.	Es para relacionar el uso y aprovechamiento del suelo.	Serrano 2018 Obras Hidráulicas

Inibap y CATIE, 2004. Desarrollo Integral de los Yungas, Proyecto de Mejoramiento de la producción del Banano Orgánico. La Paz – Bolivia. Pp 7.

POROMA, D. (2005). ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) EN BANANO ORGÁNICO (*Musa* AAA) cv. “Gran naine” EN ALTO BENI. UMSA

ROSALES, F.; BELALCÁZAR, S. y POCASANGRE, L. 2004. Producción y Comercialización de Banano Orgánico. Manual Práctico para Productores. Sapecho, Alto Beni, Bolivia. 53 p.

SANTOS, L. (2010). Caracterización de la producción de Bananos (*Musa* Spp), en Taipiplaya provincia Caranavi, departamento de La Paz. Tesis de grado. UMSA

ENFERMEDAD DEL FALSO MAL DE PANAMÁ EN BANANO. Disponible en: [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx\\_news/False\\_Panamá\\_disorder\\_on\\_banana\\_720\\_ES.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/False_Panamá_disorder_on_banana_720_ES.pdf)

RESPUESTAS AL ESTRÉS POR CALOR EN LOS CULTIVOS. I.ASPECTOS MOLECULARES, BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v28n01\\_237.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v28n01_237.pdf)

Información Meteorológica Bolivia <http://www.senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

## Anexo 4.2: Cacao Bolivia

		BOLIVIA CACAO			
		PARAMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Tmax	22°C	Temperatura máxima °C	La temperatura máxima y mínima permiten calcular la temperatura media que requiere el cultivo para la formación de flores y fruto que esta entre 25°C y 26°C.	Vera 1987 citado por Miranda 2005
	Tmin	30°C	Temperatura mínima °C		
	HR max	100	Humedad relativa máxima %	La humedad relativa para el desarrollo normal del cacao esta entre 70% y 80%, de la humedad relativa puede depender la propagación de plagas y enfermedades.	Enriquez 1985, Mejía y Palencia 200
	HR min	18	Humedad relativa mínima %		
	Vientos	1.7	El viento m/s puede ser un factor importante para el buen desarrollo de cacao.	En áreas donde existen vientos fuertes y constantes, las hojas de cacao pierden agua, posteriormente estas hojas caen y mueren.	Enriquez 1985
	PPmm	163.6	La precipitación ideal para el cultivo de cacao, oscila entre 120 y 150 mm mensual.	Es considerada un factor climático importante y crítico para el desarrollo del cultivo.	Braudeau 1975, Enriquez 1985
CULTIVO	Tipo de cultivo	Fruto	Es una drupa o llamada Mazorca, con 20 a 25 almendras unidas a un eje llamado placenta.	Sirve para estimar el índice de cosecha.	Miranda 2005
	Método de plantación	siembra	Los árboles de cacao tardan entre 4 a 5 años en madurar. Viven hasta 30 años		<a href="http://cacaomovil.com/guia/2/contenido/establecimiento-del-sistema/">http://cacaomovil.com/guia/2/contenido/establecimiento-del-sistema/</a>
	Día de siembra	Mes de Marzo		Se aprovecha el mes de marzo por las buenas condiciones climáticas, para que el plantín pueda enraizarse efectivamente.	
	Densidad de siembra	3 metros x 3 metros	Obteniendo 1111 plantas por hectárea aproximadamente.		Trujillo 2001
	Profundidad de raíz	2,5 a 3 metros profundidad de raíz	La raíz penetra el suelo para conseguir sin mayores obstáculos, nutrientes y agua.		
	Índice de cosecha	30,77 ± 13,85	Indica la relación que existe entre la planta de cacao y el fruto de valor comercial, en este caso cuantas mazorcas se necesitan para obtener 1 kg de cacao seco.		<a href="http://www.scielo.org.ve/s/cielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0002-192X2002000300006">http://www.scielo.org.ve/s/cielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0002-192X2002000300006</a>
	Ciclo del cultivo %	siembra a los días madurez del fruto	Los árboles de cacao florecen 2 veces al año, primera floración comprende entre los meses de Junio y Julio, y la segunda floración que es menor en los meses de septiembre y octubre, el fruto tiene de 4 a 6 meses de maduración, por lo tanto la primera cosecha se realizara en los meses de octubre, noviembre y diciembre, la segunda cosecha en el mes de marzo y abril.		Espinoza, Olivera, Ledesma 2014 Producción del cacao y del chocolate en Bolivia
RIEGO	Método de riego		Sin riego, cultivos a secano.		
SUELO	Número de horizontes	Franco arcilloso	Los suelos de Alto Beni, presentan características aceptables de fertilidad para el uso agrícola extensivo. Generalmente son suelos Franco arcillosos.		CUMAT-COTESUI985, citado por Miranda 2005
	Número de curvas	78	Suelo textural C, laboreo C-Cultivos alineados.	Es para relacionar el uso y aprovechamiento del suelo.	Serrano 2018 Obras Hidráulicas

Fuente: Elaboración propia

Bazoberry, O. y C. Salazar. 2008. El Cacao en Bolivia. Una alternativa económica de base campesina indígena. Cuadernos de Investigación N° 72. 282 p.

CONVENIO BID / CATIE 1982. Informe de la situación actual y perspectivas del cultivo e industrialización del cacao en Centroamérica. Turrialba, CR. CATIE. 342 p

ENRIQUEZ G.A. 1991, Tecnología Agrícola. Edit. Manual del cacao para agricultores.

<http://www.infoagro.go.cr/agricola/tecnología/cacao.htm>, Edit. UNED.

ESPINOZA, S, OLIVERA, M. LEDEZMA, J. (2014) Producción del cacao y del chocolate en Bolivia

MARCA, J. (2018). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CACAO NACIONAL BOLIVIANO (*Theobroma cacao* L.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO, ALTO BENI, BOLIVIA. UMSA.

MIRANDA, C. (2005). Evaluación del comportamiento agronómico de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) injertadas y establecidas por la cooperativa El Ceibo en Alto Beni), UMSA.

SURCO, S. (2010). Caracterización de rodales silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tierras comunitarios de origen Tsimane Mosekene del Municipio de Rurrenabaque. UMSA, 26.

### Anexo 4.3: Café Bolivia

		BOLIVIA CAFÉ			
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Estación	Caranavi	La estación de Caranavi está ubicada en la Provincia Caranavi, lugar donde se produce una gran cantidad de café.	Esta estación cumple con toda la información necesaria para realizar la simulación deseada.	SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).
	Altitud	600	El café se puede cultivar en un rango de 400 a 2000 msnm.	La altitud es muy importante para la producción de los diferentes cultivos, en nuestro caso el café, se desarrolla mejor en altitudes menores a los 1000 msnm.	Yujra, M., 2016. Evaluación de la incidencia de las enfermedades por factores climáticos y manejo agronómico en zonas cafetaleras de la región de Caranavi. Trabajo dirigido, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.
	Latitud Sud	67°34'25"			SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)
	Longitud Oeste	15°50'05"			
	T°C (máx.)	32.33	La especie Arábica se desarrolla mejor con temperaturas entre 18 a 24 °C.	La temperatura es muy importante para un óptimo rendimiento, con los datos obtenidos del SENAMHI se tiene un rango aceptable para la producción de café.	Calle, W., 2013. Control biológico como estrategia de manejo contra la broca del café, con la micro avispa y el hongo entomopatógeno, en los yungas del departamento de La Paz. Trabajo dirigido. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.
	T°C (mes.)	25.88			
	T°C (min.)	19.48			
HR media	67.61	La humedad relativa que prevalece en los cafetales tanto en los meses secos como lluviosos, es del 70 al 95%.	La humedad que soporta el cultivo será desde los 70 hasta los 95%, teniendo un rango óptimo, el cultivo se desarrollara de mejor manera.	Yujra, M., 2016. Evaluación de la incidencia de las enfermedades por factores climáticos y manejo agronómico en zonas cafetaleras de la región de Caranavi. Trabajo dirigido, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.	
PP (mm)	11.34	El rango establecido de precipitaciones necesarias para la producción de café es de 80 a 250 mm/mes.	La precipitación es muy importante para el desarrollo del cultivo y la zona presenta las precipitaciones normales para su desarrollo.	Figuroa, E., Pérez, F., Godínez, L. La producción y el consumo de café. EORFAN.	
CULTIVO	Tipo de cultivo	fruto-C3	El café es una planta del cual se aprovecha el fruto y pertenece a las plantas C3.	El órgano mas aprovechable de este cultivo es el fruto.	Meneses, N. 2012. Evaluación de la producción de plantines de tres variedades de café ( <i>coffea arábica</i> ) bajo tres tipos de sustrato en los yungas de La Paz. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.
	Método de plantación	Trasplante	El método más efectivo para el establecimiento de un cafetal es el trasplante.	El trasplante es muy efectivo para frutales ya que se le da las condiciones regulares para su desarrollo hasta el primer año.	
	Día de floración	Octubre - Noviembre	El mes en que comienza la floración del café es a mediados de octubre.	La floración es diferente en alguna regiones debido a la altitud, temperaturas y precipitaciones del sector.	UNODC. Proyecto Jatun Sach'a. El cultivo de café orgánico. manejo integral de los recursos naturales en el trópico de Cochabamba y los yungas de La Paz.
	Densidad de siembra	2 surcos y 1,5 plantas	Se recomienda una densidad de siembra de 2 x 1,5 m, con una cantidad de plantas de 3000 plantas/hectárea.	La densidad de siembra es adecuada, ya que se necesita espacio para las labores culturales que requiere.	
	Formación de la copa del árbol	Moderado		La formación de la copa del árbol, se refiere a que, si esta se forma rápido, moderado o lento. En nuestro caso el café tiene una formación moderada.	Figuroa, E., Pérez, F., Godínez, L. La producción y el consumo de café. EORFAN.
	% Máximo formación de la copa del árbol	80		La máxima formación, se refiere si la planta llega a formar el 100 % de su área foliar, en nuestro caso solo llega al 80 %.	
	Días al desprendimiento de las hojas	45 días		Días al desprendimiento de las hojas después de la fructificación, en este caso serán a los 70 días.	
	Profundidad de la raíz	1 -1,5 m	La profundidad puede llegar a medir más de un metro de profundidad.	La profundidad de la raíz es muy importante, ya que a mayor profundidad, mayor será la longitud de la raíz, teniendo como resultado una planta firme.	
	Ciclo del cultivo	210 -224 días	El cultivo de café necesita 220 días después de su floración, para la maduración del fruto.	El ciclo del cultivo para poder simular nuestro programa se debe tomar a partir del inicio de la floración hasta la maduración del fruto.	Ministerio de desarrollo Productivo y economía Plural. Boletín del exportador. N°13
	Variedad	Arábica	Es un arbusto grande con hojas ovaladas, el fruto es ovalado y tarda en madurar.		Censo Cafetalero. MDRyT-FECAFE, 2012.
	Rendimiento	0.39 ton/hectárea	En cuanto al café Arábica, su rendimiento fue de 0.39 ton/hectárea.		FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: www.fao.org/3/a-x0490s.pdf
Kc	1.1	El coeficiente del cultivo nos permite conocer el consumo de agua de una superficie cultivada, para nuestro caso en café tenemos 1,10.	Este coeficiente varía dependiendo del tipo de cultivo.	Ministerio de desarrollo Productivo y economía Plural. Boletín del exportador. N°13	
Índice de cosecha	40%	Se toma a toda la planta como el 100%, pero lo que se cosecha de la planta solo son los frutos que llegaría a ser solo el 40 %.			
RIEGO	Método de riego	No se utiliza riego productores familiares			
SUELO	Numero de horizontes	1	Cuando más profundidad tenga el primer horizonte, tendrán mayor posibilidad de desarrollo de raíces	El primer horizonte tiene mejores condiciones para el desarrollo de la raíz.	Calle, W., 2013. Control biológico como estrategia de manejo contra la broca del café, con la micro avispa y el hongo entomopatógeno, en los yungas del departamento de La Paz. Trabajo dirigido. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.
	Tipo de suelo	Franco arcilloso	Los suelos aptos para la producción del cultivo de café deben presentar textura franca	El cultivo de café requiere suelos francos.	
	Número de curvas	82	El número de curvas de determina de acuerdo a la cobertura y la textura del suelo.	Este parámetro se encuentra con ayuda de una tabla.	

Fuente: Elaboración propia

Figuroa Hernández, E., Pérez Soto, F., & Godínez Montoya, L. (s.f.). *La producción y el consumo del café*. EORFAN - Spain.

Flores, N. M. (2012). Evaluación de la producción de plantines de tres variedades de café (*Coffea arábica*) bajo tres tipos de sustratos en los Yungas de La Paz . *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andres*, 21.

Jatun-Sach'a. (s.f.). El cultivo del café orgánico. *Manejo Integrao de los recursos naturales en el tropico de Cochabamba y de los Yungas de La Paz*, 2.

MDPyEP. (2016). Bolétin del Exportador. *Viceministerio de comercio interno y exportaciones*, 8.

Mollo, W. C. (2013). control biológico como estrategia de manejo contra la broca del café (*hypothenemus hampei ferrari*) con la microavispa (*Cephalonomia stephanoderis betrem*) y el hongo (*Beauveria bassiana balsamo*) entomopatógeno en los Yungas del departamento de La Paz. *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andres*, 108.

SENAMHI. (Diciembre de 2018). Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

Serna, M. I. (2016). Evaluación de la incidencia de las enfermedades por factores climáticos y manejo agronómico en zonas cafetaleras de la región de Caranavi. *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andres*, 28-30.

FAO. (s.f.). Evaporción del cultivo. *Estudio FAO riego y drenaje*, 135 – 156.

## Anexo 4.4: Quinua Bolivia

		BOLIVIA QUINUA				
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA TÉCNICA	
CLIMA	Estación	San Martin	La estación de San Martin está ubicada en la Provincia Ladislao Cabrera, lugar donde se produce una gran cantidad de Quinua.	Esta estación cumple con toda la información necesaria para realizar la simulación deseada.	SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)	
	Altitud	3712	La quinua se adapta desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm.	La altitud es muy importante para la producción de los diferentes cultivos, en este caso la Quinua, se desarrolla mejor en altitudes menores a los 4000 msnm.	Yana, G. (2009). Zonificación de la distribución de cultivos de Quinua en cuatro Municipios del altiplano boliviano con fines de aplicación de riego. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.	
	Latitud Sud	19° 16' 30"			SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)	
	Longitud Oeste	67° 35' 57"				
	T°C (máx.)	16.99	Las temperaturas adecuadas van desde 15 a 20°C.	La temperatura es muy importante para un rendimiento regular, con los datos obtenidos del SENAMHI se tiene un rango aceptable para la producción de Quinua.	Yana, G. (2009). Zonificación de la distribución de cultivos de Quinua en cuatro Municipios del altiplano boliviano con fines de aplicación de riego. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.	
	T°C (med.)	8.52				
	T°C (mín.)	1				
PP (mm)	3.48	Requieren precipitaciones de 12 a 25 mm/mensuales.	La precipitación es muy importante para el desarrollo del cultivo y la zona presenta las precipitaciones regulares para su desarrollo.			
CULTIVO	Tipo de cultivo	Grano- C3	La Quinua es una planta del cual se aprovecha el grano y pertenece a las plantas C3.	La parte más aprovechable de la Quinua es el grano.	Gómez, L., Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la Quinua. FAO.	
	Método de plantación	Siembra directa	El método más efectivo para el establecimiento del cultivo es la siembra directa.	Este cultivo se siembra directamente en la parcela.		
	Día de siembra	Octubre	Desde noviembre comienza la siembra de quinua hasta febrero con suficiente humedad a la siembra.	Generalmente la siembra de la Quinua comienzan desde octubre, siempre y cuando se presenten las condiciones adecuadas para su siembra.		
	Densidad de siembra	0,4 -0,3 m	El distancia entre surcos debe ser de 40 cm y 30 entre plantas y necesitando de 12 -18 kg/hectárea.	La densidad de siembra es adecuada para poder realizar las diferentes labores culturales.		
	Profundidad de raíz	0,8-1,5 m	La raíz llega a tener una longitud de 1 m, se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias.	Los suelos de este sector son profundos, esto ayudara a un buen desarrollo de las raíces dándole un buen soporte a la planta.		
	Ciclo del cultivo	190 días	El ciclo fisiológico de la quinua desde su siembra hasta su madurez de cosecha dura 180 días.	El ciclo de cultivo debe ser de 180 días pero esto puede alargarse o adelantarse dependiendo de la temperatura, precipitación, altitud, etc.		
	Clase de salinidad	Moderadamente sensible a la salinidad.	El cultivo de quinua presenta una clase de salinidad moderada.	El cultivo de Quinua puede llegar a soportar entre 8 - 16 dS-m de sales en el suelo, siendo así moderadamente sensible a la salinidad.		Yana, G. (2009). Zonificación de la distribución de cultivos de Quinua en cuatro Municipios del altiplano boliviano con fines de aplicación de riego. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.
	Rango de salinidad de la quinua	8 a 16 dS/m	El rango optimo es de 8 - 16 dS-m.			FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: <a href="http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf">www.fao.org/3/a-x0490s.pdf</a>
	kc	0.25	El coeficiente del cultivo nos permite conocer el consumo de agua de una superficie cultivada, para nuestro caso en cereales tenemos 0,25.	Este coeficiente varía dependiendo del tipo de cultivo.		
	Variedad	Quinua real	Cultivo altamente tolerante a factores adversos y agroecológicamente adaptada a las zonas altas del altiplano Boliviano.			Bonifacio, Aroni, G., A., Villca, M. (2012). Catalogo Entono botánico de la Quinua Real. Cochabamba. PROINPA.
	Rendimiento	0,6 ton/ha	El rendimiento que presenta el cultivo de Quinua es de 0,6 ton/hectárea.			CIQ(Centro Internacional de la Quinua)
	Índice de cosecha	20%	Se toma a toda la planta como el 100% y la panoja es el 20% lo que se cosecha.			
RIEGO	Método de riego	No se utiliza riego productores familiares.				
SUELO	Número de horizontes	1	Cuando más profundidad tenga el primer horizonte, tendrán mayor posibilidad de desarrollo de raíces.	El primer horizonte tiene mejores condiciones para el desarrollo de la raíz.	Yana, G. (2009). Zonificación de la distribución de cultivos de Quinua en cuatro Municipios del altiplano boliviano con fines de aplicación de riego. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia.	
	Tipo de suelo	Franco	Los suelos aptos para la producción del cultivo de Quinua deben presentar textura franca.	El cultivo de Quinua requiere suelos francos.		
	Número de curvas	72	El número de curvas de determina de acuerdo a la cobertura y la textura del suelo.	Este parámetro se encuentra con ayuda de una tabla.		

Fuente: Elaboración propia

Bonifacio, A., Aroni, G., & Villca, M. (2012). Etnobotánico de a Quinua Real. PROINPA, 63.

FAO. (s.f.). Evaporción del cultivo. *Estudio FAO riego y drenaje*, 135 - 156.

Gómez Pando, L., & Aguilar Castellanos, E. (2016). Guía de cultivo de la Quinua. FAO, Universidad Nacional Agraria la Molina, 130.

Majes, J. C. (2011). Análisis socioeconómico en el proceso productivo del cultivo de la Quinoa K(*Chenopodium quinoa*), con aplicación de riego deficitario en la comunidad de canquilla del Municipio de Llica en el altiplano sur del departamento de Potosí. *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés*, 179.

SENAMHI. (Diciembre de 2018). Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

Yana, G. B. (2009). Zonificación de la distribución de cultivos de Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) en cuatro Municipios del altiplano Boliviano con fines de aplicación de riego. *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés*, 166.

## Anexo 4.5: Banano Ecuador

		ECUADOR CACAO			
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Tmax	36.8°C	Temperatura máxima	La temperatura máxima y mínima permiten calcular la temperatura media que requiere el cultivo para la formación de flores y fruto que esta entre 20°C y 35°C.	<a href="https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano">https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano</a>
	Tmin	14.8°C	Temperatura mínima		
	HR max	100	Humedad relativa máxima	La humedad relativa para el desarrollo normal del banano debe estar por encima de los 80%.	<a href="http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf">http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf</a>
	HR min	52	Humedad relativa mínima		
	PPmm	1159	La precipitación máxima.	La precipitación óptima para el cultivo del cacao es de 1,400 mm anuales de lluvia en las zonas más frescas y valles altos. 2,500 mm de lluvia en las zonas más cálidas y 1,200 a 1,500. La precipitación óptima para el cultivo del cacao es de 1600 a 2,500 mm de lluvia en las zonas más cálidas y 1,200 a 1,500.	
CULTIVO	Tipo de cultivo	Fruto	La inflorescencia da lugar a las 'manos' compuestas por 'dedos' que son los frutos, generalmente de color amarillo.	Sirve para estimar el índice de cosecha.	
RIEGO	Método de plantación	Siembra	Los árboles de banano tardan entre 330 a 360 días en formar el banano		
	Día de siembra	Marzo		Se aprovecha el mes de marzo por las buenas condiciones climáticas, para que el plantin pueda enraizarse efectivamente.	
	Densidad de siembra	3 metros x 3 metros	Obteniendo 1,111 plantas por hectárea aproximadamente.		
	Profundidad de raíz	1.8 metros profundidad de raíz	La raíz penetra el suelo para conseguir sin mayores obstáculos, nutrientes y agua.		
	Índice de cosecha	60	Indica la relación que existe entre la planta de cacao y el fruto de valor comercial, en este caso cuantas macorcas se necesitan para obtener 1 kg de cacao seco.		
	Ciclo del cultivo %	300 días			
	Método de riego		Sin riego, cultivos a secano.		
SUELO	Número de horizontes	Franco arcilloso			

Fuente: Elaboración propia

AGUILAR, R. (2015). "LA PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DEL BANANO Y SU INCIDENCIA EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA EN EL PERIODO 2008 - 2013". FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Sitio web. [En línea] 2013. [Citado el: 5 de 1 de 2019.]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8766/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20ROBERT%20AGUILAR.pdf>

AGUILAR, L., BLANAS, E., YULAN, N., (2012) Proyecto de inversión para el desarrollo de la producción de banano orgánico ecuatoriano y su exportación a Hamburgo-Alemania. Sitio web de SINAGAP. [En línea] 2013. [Citado el: 3 de 1 de 2019.]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24179>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - MAGAP. 2010. Sistema De Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - SINAGAP. Sitio web de SINAGAP. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de 12 de 2018.]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/resultados-nacionales/file/59-censo-nacional>.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Manual de aplicabilidad de buenas prácticas Agrícolas de Banano. Sitio web de SINAGAP. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de 12 de 2018.]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>

BETANCOURT, R., Manual de Aplicabilidad de Buenas Prácticas Agrícolas de Banano.

<http://www.infoagro.go.cr/agricola/tecnología/cacao.htm>, Edit. UNED.



## Anexo 4.6: Cacao Ecuador

		ECUADOR CACAO			
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Tmax	36.8	Temperatura máxima	La temperatura máxima y mínima permiten calcular la temperatura media que requiere el cultivo para la formación de flores y fruto que esta entre 23°C y 25°C.	Torres 2012. MANUAL
	Tmin	14.8	Temperatura mínima		
	HR Max	100	Humedad relativa máxima	La humedad relativa para el desarrollo normal del cacao esta entre 70% y 80%, de la humedad relativa puede depender la propagación de plagas y enfermedades.	Torres 2012. MANUAL
	HR min	52	Humedad relativa mínima		
	PPmm	1159	La precipitación máxima	La precipitación óptima para el cultivo del cacao es de 1600 a mm de lluvia en las zonas más frescas y valles altos. 2.500 mm de lluvia en las zonas más cálidas y 1.200 a 1.500	Torres 2012. MANUAL
CULTIVO	Tipo de cultivo	Fruto	Es una drupa o llamada Mazorca, con 20 a 25 almendras unidas a un eje llamado placenta.	Sirve para estimar el índice de cosecha.	Miranda 2005
	Método de plantación	siembra	Los árboles de cacao tardan entre 4 a 5 años en madurar. Viven hasta 30 años		<a href="http://cacaomovil.com/guia/2/contenido/es-tablecimiento-del-sistema/">http://cacaomovil.com/guia/2/contenido/es-tablecimiento-del-sistema/</a>
	Día de siembra	Mes de agosto		Se aprovecha el mes de marzo por las buenas condiciones climáticas, para que el plantín pueda enraizarse efectivamente.	
	Densidad de siembra	3 metros x 3 metros	Obteniendo 1.111 plantas por hectárea aproximadamente.		Torres 2012. MANUAL
	Prof. Raíz	1.5 metros profundidad de raíz	La raíz penetra el suelo para conseguir sin mayores obstáculos, nutrientes y agua.		
	Índice de cosecha	30,77 ± 13,85	Indica la relación que existe entre la planta de cacao y el fruto de valor comercial, en este caso cuantas mazorcas se necesitan para obtener 1 kg de cacao seco.		<a href="http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=50002-192X2002000300006">http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=50002-192X2002000300006</a>
	Ciclo del cultivo %	200 días	Los árboles de cacao florecen casi todo el año, primera floración comprende entre los meses de octubre, noviembre y diciembre, el fruto tiene de 4 a 6 meses de maduración, por lo tanto la primera cosecha se realizará en los meses abril y mayo.		Torres 2012. MANUAL
RIEGO	Método de riego		Sin riego, cultivos a secano.		
SUELO	Número de horizontes	Franco arcilloso	Los suelos de Alto Beni, presentan características aceptables de fertilidad para el uso agrícola extensivo. Generalmente son suelos Franco arcillosos.		CUMAT-COTESU1985, citado por Miranda 2005
	Número de curvas	78	Suelo textural C, laboreo C-Cultivos alineados.	Es para relacionar el uso y aprovechamiento del suelo.	Serrano 2018 Obras Hidráulicas

Fuente: Elaboración propia

CONVENIO BID / CATIE 1982. Informe de la situación actual y perspectivas del cultivo e industrialización del cacao en Centroamérica. Turrialba, CR. CATIE. 342 p

CUEVA, E. (2012). "PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA EXPORTACIÓN DE PASTA DE CACAO ORGÁNICO DE PUERTO QUITO", UIDE.

ENRIQUEZ G.A. 1991, Tecnología Agrícola. Edit. Manual del cacao para agricultores.

<http://www.infoagro.go.cr/agricola/tecnología/cacao.htm>, Edit. UNED.

ESPINOZA, S, OLIVERA, M. LEDEZMA, J. (2014) Producción del cacao y del chocolate en Bolivia

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico. Quito-Ecuador 2017.

MARCA, J. (2018). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CACAO NACIONAL BOLIVIANO (*Theobroma cacao* L.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO, ALTO BENI, BOLIVIA. UMSA.

RENDIMIENTOS DE CACAO ALMENDRA SECA (*Theobroma cacao*) EN EL ECUADOR 2017. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito, Ecuador.

PAREDES, N. (2009). Manual de Cultivo de Cacao para la Amazonia Ecuatoriana, Manual No. 76. Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental central de la Amazonia DENAREF.

TORRES, L. (2012). MANUAL DE PRODUCCIÓN DE CACAO FINO DE AROMA A TRAVÉS DE MANEJO ECOLÓGICO. UC

[http://www.iica.int.ni/Estudios\\_PDF/Guia\\_Cacao\\_Para\\_Promotores.pdf](http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)). Nicaragua. 2018.

## Anexo 4.7: Café Ecuador

		ECUADOR CAFÉ			
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIAS TÉCNICAS
CLIMA	Estación	Lumbaqui	La estación de Lumbaqui está ubicada en la Provincia Manabí, lugar donde se produce la mayor cantidad de café de Ecuador.	Esta estación cumple con toda la información necesaria para realizar la simulación deseada.	INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).
	Altitud	580	Es una planta nativa que rinde mejor entre los 0- hasta los 1000 msnm.	La altitud es muy importante para la producción de los diferentes cultivos, en nuestro caso el café, se desarrolla mejor en altitudes menores a los 1000 msnm.	Mendes, I. 2011. Paquete tecnológico Café robusta ( <i>coffea canephora P.</i> ) establecimiento y mantenimiento. México: campo Experimental Rosario Izapa.
	Latitud Sud	0°2'19"			INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).
	Longitud Oeste	77°20' 2"			
	T°C (máx.)	31,4 - 27,6	Exige temperaturas entre 20 - 27°C para vegetar y producir satisfactoriamente.	La temperatura es muy importante para el rendimiento regular del cultivo, en nuestro caso la estación nos da como máxima temperatura 31 y mínima 15°C y el cultivo necesita entre 20 a 27 °C, lo que indica que la zona es apta para el cultivo de café.	Andrade, A. 2012. Siembra de Café robusta Premium con material genético adaptado al trópico ecuatoriano. Trabajo de grado, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Disponible en: <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/1234567">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/1234567</a>
	T°C (mín.)	21,9 - 14,9			
	HR (máx.)	100-97	La humedad relativa óptima es de 80 - 90 %	La humedad máxima de la zona es de 100 y como mínima 48% y el cultivo requiere entre 80-90%, esta zona tiene las condiciones regulares para el cultivo de café.	Carvajal, J. 1984. Café: cultivo y fertilización. 2da edición. Berna, Suiza. Instituto nacional de potasa.
HR (mín)	73 - 48				
PP (mm)	770 - 54	El café produce de manera regular con lluvias mensuales de 167 -250 mm	La precipitación es muy importante para el desarrollo del cultivo y la zona presenta las precipitaciones regulares para su desarrollo.	INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1993. Manual del cultivo de Café. Quevedo - Ecuador.	
CULTIVO	Tipo de cultivo	Fruto-C3	El café es una planta del cual se aprovecha el fruto y pertenece a las plantas C3.	El órgano más aprovechable de este cultivo es el fruto.	INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1993. Manual del cultivo de Café. Quevedo - Ecuador.
	Método de plantación	Trasplante	El método más efectivo para el establecimiento de un cafetal es el trasplante.	El trasplante es muy efectivo para frutales ya que se le da las condiciones regulares para su desarrollo hasta el primer año.	
	Día de floración	Octubre	El mes en que comienza la floración del café es a mediados de octubre.	La floración es diferente en algunas regiones debido a la altitud, temperaturas y precipitaciones del sector.	
	Densidad de siembra	2 surcos y 1 plantas	Se recomienda un densidad de siembra de 3*1,5 m, con lo que necesitaremos 2222 plan/hectárea.	La densidad de siembra es adecuada, ya que se necesita espacio para las labores culturales que requiere.	*
	Formación de la copa del árbol	Moderado		La formación de la copa del árbol, se refiere a que, si esta se forma rápido, moderado o lento. En nuestro caso el café tiene una formación moderada.	
	% Máximo formación de la copa del árbol.	80		La máxima formación, se refiere si la planta llega a formar el 100 % de su área foliar, en nuestro caso solo llega al 80 %.	
	Días al desprendimiento de las hojas	45 días		Días al desprendimiento de las hojas después de la fructificación, en este caso serán a los 70 días.	
	Profundidad de raíz.	50-10 cm	La profundidad de la raíz llega aproximadamente hasta los 100 cm.	La profundidad de la raíz es muy importante, ya que a mayor profundidad, mayor será la longitud de la raíz, teniendo como resultado una planta firme.	
	Ciclo del cultivo	230 - 270 días	El cultivo de café necesita 230 días desde su floración hasta la maduración de su fruto, esto en condiciones regulares. Pero su ciclo puede llegar a alargarse hasta los 270 días si no tiene las condiciones adecuadas.	El ciclo del cultivo para poder simular nuestro programa se debe tomar a partir del inicio de la floración hasta la maduración del fruto.	INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1993. Manual del cultivo de Café. Quevedo - Ecuador.
	Kc	1.1	El coeficiente del cultivo nos permite conocer el consumo de agua de una superficie cultivada, para nuestro caso en café tenemos 1,10.	Este coeficiente varía dependiendo del tipo de cultivo.	FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: <a href="http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf">www.fao.org/3/a-x0490s.pdf</a>
Variedad	Robusta	Son cafés con un mayor contenido de cafeína, del 2 al 4%. Presenta un grano amarillento		Monteros, A. 2017. Rendimiento de café grano seco en Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.	
Rendimiento	0,49 ton/ha	En cuanto al café Robusta, su rendimiento fue de 0.48 ton/hectárea			
Índice de cosecha	45%	Se toma a toda la planta como el 100%, pero lo que se cosecha de la planta solo son los frutos que llegaría a ser solo el 45 %.			
RIEGO	Método de riego	No se utiliza riego productores familiares			
SUELO	Número de horizontes	1	Cuando más profundidad tenga el primer horizonte, tendrán mayor posibilidad de desarrollo de raíces.	El primer horizonte tiene mejores condiciones para el desarrollo de la raíz.	Duicela, L., Corral, R. 2004. Caficultura Orgánica: alternativa de desarrollo sostenible. Alemania: Consejo Cafetalero Nacional.
	Tipo de suelo	Franco	Los suelos aptos para la producción del cultivo de café deben presentar textura franca	El cultivo de café requiere suelos francos.	
	Número de curvas	82	El número de curvas de determina de acuerdo a la cobertura y la textura del suelo.	Este parámetro se encuentra con ayuda de una tabla.	

Fuente: Elaboración propia

Carvajal, j. (1984). *Cafeto - cultivo y fertilización*. Costa Rica: Instituto Internacional de la Potasa.

INAMHI. (Diciembre de 2018). Obtenido de <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/35393-inamhi-anuarios-metereol%C3%B3gicos-en-pdf>

Méndez López, I. (2011). *Paquete tecnológico café robusta*. México: Centro Experimental Rosario Izapa.

Monteros Guerrero, A. (2017). *Rendimiento de Café grano seco en el Ecuador*. Quito - Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Salcedo, R., Andrade, A., Morales, M., & Riofrío, E. (2012). *Siembr extensiva de café robusta premium con material genético adaptado al trópico ecuatoriano*. Guayaquil: IDE Business School.

Sotomayor Herrera, I. (1993). *Manual de cultivo del Café*. Quevedo - Ecuador: Estación Experimental tropical pichilingue.

FAO. (s.f.). Evaporación del cultivo. *Estudio FAO riego y drenaje*, 135

## Anexo 4.8: Quinua Ecuador

ECUADOR QUINUA					
		PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA TÉCNICA
CLIMA	Estación	Puyo	La estación de Puyo está ubicada en la Provincia Chimborazo, lugar donde se produce la mayor cantidad de Quinua de Ecuador.	Esta estación cumple con toda la información necesaria para realizar la simulación deseada.	INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)
	Altitud	960	Prospera bien en zonas cuya altitud se encuentra entre los 2000 a 3500 m	La zona no tiene la altitud necesaria para su desarrollo, pero este cultivo se adapta bien a condiciones adversas.	Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. 2008. Manual agrícola de granos Andinos: chocho, Quinua, Amaranto y Ataco, cultivos, variedades y costos de producción. Manual N° 69. programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Perú.
	Latitud Sud	1°30'27"			INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)
	Longitud Oeste	77°56'38"			
	T °C (máx.)	28,6 - 24,9	El rango optimo es de 7 a 17 °C, puede soportar heladas hasta de -5 °C	La temperatura juega un rol muy importante en la formación del grano, este sector presenta temperaturas regulares para su desarrollo.	Peralta, E., Mazon, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. 2008. Manual agrícola de granos Andinos: chocho, Quinua, Amaranto y Ataco, cultivos, variedades y costos de producción. Manual N° 69. programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Perú.
	T °C (min.)	18,8 - 15,8			
	HR (máx.)	100-98	El cultivo de Quinua no requiere de mucha humedad, si existe una humedad excesiva mayor a 50% puede llegar a sufrir de algunas	En esta región se observa que presenta datos de humedad mínima del 40%, siendo adecuado para nuestro cultivo.	
	HR (min.)	64 - 40			
PP (mm)	739 - 125	Necesita precipitaciones desde 50 a 216 mm mensuales, la quinua es un cultivo que soporta sequias y exceso de lluvia.	Las precipitaciones que necesita el cultivo de Quinua es de 50-216 mm y en esta región se tiene datos de precipitaciones de 125 mm, lo que es adecuado para su desarrollo.		
Tipo de cultivo	Grano- C3	La Quinua es una planta del cual se aprovecha el grano y pertenece a las plantas C3.	La parte más aprovechable de la Quinua es el grano.	Peralta, E., Mazon, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. 2008. Manual agrícola de granos Andinos: chocho, Quinua, Amaranto y Ataco, cultivos, variedades y costos de producción. Manual N° 69. programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Perú.	
Método de plantación	Siembra directa	El método más efectivo para el establecimiento del cultivo es la siembra directa.	Este cultivo se siembra directamente en la parcela.		
Día de siembra	Noviembre - febrero	Desde noviembre comienza la siembra de quinua hasta febrero con suficiente humedad a la siembra.	Generalmente la siembra de la Quinua comienzan desde noviembre, siempre y cuando se presenten las condiciones adecuadas para su siembra.		
Densidad de siembra	60 cm entre hilera y 30 entre plantas	El distancia entre surcos debe ser de 60 cm y 20 entre plantas y necesitando de 12 -18 kg/hectárea.	La densidad de siembra es adecuada para poder realizar las diferentes labores culturales.		
Profundidad de la raíz.	30 - 100 cm	La raíz llega a tener una longitud de 100 cm, se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias.	Los suelos de este sector son profundos, esto ayudara a un buen desarrollo de las raíces dándole un buen soporte a la planta.		
Ciclo del cultivo	180 días	El ciclo fisiológico de la quinua desde su siembra hasta su madurez de cosecha dura 180 días.	El ciclo de cultivo debe ser de 180 días pero esto puede alargarse o adelantarse dependiendo de la temperatura, precipitación, altitud, etc.		León, J. 2006. Mejoramiento genético de la quinua ( <i>chenopodium quinua willd</i> ) a través del método de hibridación.
Clase de salinidad	Moderadamente sensible a la salinidad.	El cultivo de quinua presenta una clase de salinidad moderada.	El cultivo de Quinua puede llegar a soportar entre 2 a 12 dS/m de sales en el suelo, siendo así moderadamente sensible a la salinidad.		
Rango de salinidad de la quinua	2 a 12	El rango optimo es de 2 a 12 dS-m			FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Disponible en: <a href="http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf">www.fao.org/3/a-x0490s.pdf</a>
kc	0.25	El coeficiente del cultivo nos permite conocer el consumo de agua de una superficie cultivada, para nuestro caso en cereales tenemos 0,25			
Variedad	Grano Real	Este grano es de preferencia en el mercado mundial.			Laguna, P. 2004. Competitividad de la Quinua ecuatoriana en el mercado global de la Quinua.
Rendimiento	1,19 ton/ha	El rendimiento que presenta el cultivo de Quinua es de 1,19 ton/hectárea.		Monteros, A. 2016. Rendimiento de Quinua en el Ecuador 2016.	
Índice de cosecha	30%	El índice de cosecha es de 60 -65 %, ya que hay pérdidas por desgrane, ataque de aves, lluvias inesperadas.	las pérdidas del 40% se deben al venteado de la quinua, a la maduración inadecuada del cultivo, ataque de enfermedades y plagas.	León, J. 2006. Mejoramiento genético de la quinua ( <i>chenopodium quinua willd</i> ) a través del método de hibridación.	
RIEGO	Método de riego				
SUELO	Número de horizontes	2	Cuando más profundidad tenga el primer horizonte, tendrán mayor posibilidad de desarrollo de raíces.	El primer y segundo horizonte tiene mejores condiciones para el desarrollo de la raíz.	Peralta, E., Mazon, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. 2008. Manual agrícola de granos Andinos: chocho, Quinua, Amaranto y Ataco, cultivos, variedades y costos de producción. Manual N° 69. programa nacional de leguminosas y granos andinos. Estación experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Perú.
	Tipo de suelo	Franco	Los suelos aptos para la producción del cultivo de Quinua deben presentar textura franca.	El cultivo de Quinua requiere suelos francos.	
	Número de curvas	72	El número de curvas de determina de acuerdo a la cobertura y la textura del suelo.	Este parámetro se encuentra con ayuda de una tabla.	

Fuente: Elaboración propia

FAO. (s.f.). Evaporación del cultivo. *Estudio FAO riego y drenaje*, 135 – 156.

León Hanco, J. M. (s.f.). Mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a través del método de hibridación.

Monteros Guerrero , A. (2016). *Rendimiento de Quinoa en el Ecuador*. Quito - Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., & Rodríguez, D. (2014). *Manual agrícola de granos andinos, Chocho, Quinoa, Amaranto y ataco*. Quito - Ecuador: INIAP.