



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS REQUERIMIENTOS
AGROECOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN LA COMUNIDAD SAN CLEMENTE,
PROVINCIA DE IMBABURA”**

Autoras: Enríquez Imbaquingo Merci Silvana y Morales Rueda Andrea Estefanía

Director: del Trabajo de Titulación: Ing. Darío Paul Arias Muñoz, MSc.

Comité Lector:

Ing. Gladys Yaguana, MSc.

Ing. Lucía Vásquez, MSc.

Ing. Oscar Rosales, MSc.

Año de investigación: 2018

Lugar de investigación:

La fase de campo se realizó en la Comunidad San Clemente, parroquia La Esperanza, Cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

Beneficiarios: Comunidad San Clemente.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Enríquez Imbaquingo

NOMBRES: Merci Silvana

C. CIUDADANÍA: 1003783071

EDAD: 24 años

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

ESTADO CIVIL: Soltera

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062580287

TELÉFONO CELULAR: 0979857002

CORREO ELECTRÓNICO: mersilv15@gmail.com

DIRECCIÓN:

Provincia: Imbabura

Ciudad: Ibarra

Parroquia: El Sagrario

AÑO: 2019

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Morales Rueda

NOMBRES: Andrea Estefania

C. CIUDADANÍA: 1003783584

EDAD: 24 años

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

ESTADO CIVIL: Soltera

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062546749

TELÉFONO CELULAR: 0988193748

CORREO ELECTRÓNICO: steffy13494@gmail.com

DIRECCIÓN:

Provincia: Imbabura

Ciudad: Ibarra

Parroquia: El Sagrario

AÑO: 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

ENRÍQUEZ IMBAQUINGO MERCI SILVANA

MORALES RUEDA ANDREA ESTEFANIA

“EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS REQUERIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE LA COMUNIDAD SAN CLEMENTE, PROVINCIA DE IMBABURA”

TRABAJO DE GRADO

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de ingeniería en Recursos Naturales Renovables, EC. marzo 2019.

DIRECTOR: Ing. Darío Paul Arias Muñoz MSc.

En el presente trabajo de investigación se evaluó los efectos del cambio climático en los requerimientos agroecológicos de los cultivos presentes y potenciales en la comunidad San Clemente. De acuerdo con los resultados, los agricultores podrán hacer frente a la problemática y establecer las zonas aptas para cada especie agrícola a medida que cambien los patrones climáticos y las autoridades podrán incorporar el cambio climático como un eje transversal en la gestión y el ordenamiento del territorio a nivel provincial para visualizar su importancia hacia el futuro del manejo de los recursos naturales.

Ibarra, 8 de marzo del 2019

AUTORAS

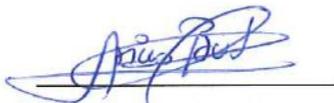


Merci Silvana Enríquez Imbaquingo



Andrea Estefania Morales Rueda

DIRECTOR



Ing. Darío Paul Arias Muñoz, MSc.

“EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN LA COMUNIDAD SAN CLEMENTE, IMBABURA”

Merci Enríquez_1^a, Andrea Morales_2^b, Dario Arias_3^c

^a Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Ecuador

^b Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Ecuador

^c Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Ecuador
mersilv15@gmail.com, steffy13494@gmail.com, dario.paul.arias@gmail.com

Resumen

El cambio climático afecta a los agroecosistemas debido a las variaciones en temperatura y precipitación que altera la aptitud agroecológica de cultivos. En la presente investigación se evaluó los efectos del cambio climático en los requerimientos agroecológicos de los cultivos en la comunidad San Clemente, ubicada en Imbabura. Para ello se determinó la distribución agroecológica de los cultivos mediante la recopilación y edición de información climática y edáfica. A la vez se diseñó el posible escenario de cambio climático, considerando el modelo HadGEM2-ES con dos rangos de emisión de gases de efecto invernadero (RCP): 2.6 (bajas) y 8.5 (altas) para el año 2070 y finalmente se determinó los efectos sobre los cultivos considerando las fluctuaciones predichas. Los resultados evidencian que en la actualidad existe un conflicto del uso del suelo, y que para el año 2070 se proyecta una disminución de la precipitación entre un 12% y 20%, y aumento de la temperatura de 0.5 a 1°C y 2°C de acuerdo con los escenarios RCP 2.6 y 8.5 respectivamente. Estos cambios traen como consecuencia cambios agroecológicos en el territorio, lo cual implicaría la posible aparición de nuevos cultivos o especies invasoras y la reducción o pérdida de cultivos presentes.

Palabras clave: cambio climático, requerimientos agroecológicos, cultivos.

I. Abstract

The climate change affects agroecosystems due to temperature and precipitation variations. Therefore, the aim of this research is to evaluate the effects of climate change on agro-ecological requirements of crops at San Clemente community. This community is located in Imbabura province, Ecuador. For doing this, it was determined the agro-ecological distribution of crops, by collecting climatic and edaphic information. Then, it was designed a climate change scenario using HadGEM2-ES model, with two ranges of greenhouse gases emission (RCP): one with low range (2.6) and the other with high range (8.5). The results show that currently there is a land use conflict. It is forecasted that for the year 2070, there will be a reduction of precipitation between 12% and 20%, as well as an increase of temperature from 0.5 to 1 ° C and 2 ° C according to two scenarios CPR 2.6 and 8.5, respectively. These changes will promote agro-ecological changes in the territory, which imply the possible outbreak of new crops or invasive species, as well as the reduction or loss of crops.

Keywords: climate change, agro-ecological requirements, crops.

Introducción

A nivel mundial, el cambio climático influye en los diferentes sistemas socioeconómicos y ambientales, especialmente en los países en vías

desarrollo los cuales presentan mayor vulnerabilidad y menor resiliencia en su población (Fernández, 2013). La agricultura es la actividad económica más vulnerable a la variabilidad del cambio climático, por lo cual se requiere de políticas que permitan acceder a información y asistencia técnica para desarrollar e implementar innovación y conseguir la adaptación al cambio climático y un desarrollo sustentable (Salcedo y Guzmán, 2014).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1997a), el cambio climático presenta retos nuevos a la productividad agrícola, debido a que a largo plazo modificará las zonas climáticas y agroecológicas, obligando a los agricultores a adaptarse. La zonificación agroecológica (ZAE) permite definir zonas aptas para cultivos en base a combinaciones de suelo, fisiografía y clima (FAO, 1997b) y también ayuda a determinar posibles efectos de las variaciones climáticas en la aptitud agrícola futura.

En ese sentido, el desafío está en establecer zonas agroecológicas definiendo los posibles escenarios de cambios y requerimientos que puedan ocurrir en una región para precisar medidas de adaptación que permitan minimizar el impacto del cambio climático para un desarrollo sostenible (Oviedo y León, 2010).

El estudio se realizó en la comunidad San Clemente perteneciente a la parroquia La Esperanza, en el cantón Ibarra, provincia Imbabura; donde se presume que en las últimas décadas ha experimentado cambios en la agricultura. Por este motivo, se ha optado en intensificar y expandir bruscamente la agricultura y cambiar la chacra por espacios para atender al turista con fines de alojamiento y alimentación, para rentabilizar el capital productivo de su desarrollo económico. Esto ha inducido la modificación paisajística del lugar, con mayor presencia de infraestructura y frontera agrícola hacia tierras marginales, destruyendo bosques y páramos. A todo ello se suma el desconocimiento

de una base técnica y científica que asegure un desarrollo agrícola y garantice una rentabilidad al campesino, por lo que se hace necesario generar información sobre los requerimientos agroecológicos de los cultivos.

El objetivo del estudio fue la evaluación de los efectos del cambio climático en los requerimientos agroecológicos de los cultivos presentes y potenciales de la comunidad.

Metodología

San Clemente es una comunidad indígena localizada en la sierra ecuatoriana, al oriente del volcán Imbabura, en la parroquia rural La Esperanza, cantón Ibarra (Figura 1). Su superficie es de 405,53 hectáreas y la altitud está en un rango de 2 600 a 3100 msnm.

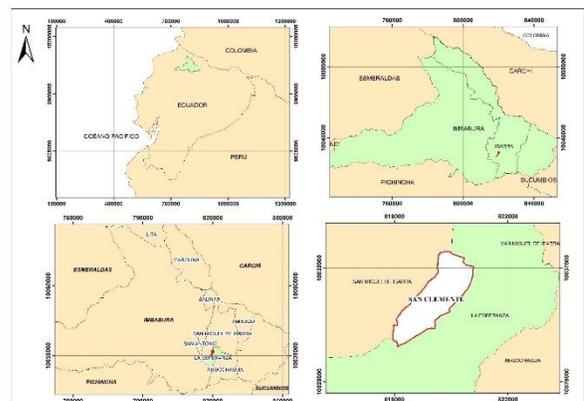


Figura 1. Ubicación de la Comunidad San Clemente

San Clemente está catalogada como una de las comunidades más pobres de Imbabura, porque la principal actividad a la que se dedican es la agricultura, se cultiva cereales, maíz, fréjol y tubérculos; mismos que son comercializados en ferias informales en la ciudad de Ibarra (Gutiérrez, 2010).

Materiales y equipos

Los materiales y equipos necesarios utilizados en la investigación fueron los siguientes: cartografía base (escala 1:25 000), cartografía temática de suelos y relieve (escala 1:25 000), cartografía pedológica (escala 1:50 000), guía de Cultivos del

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) del año 2008, software ESRI Desktop (ArcGis 10.4) y GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Métodos

a. Zonificación agroecológica de los cultivos presentes en la comunidad San Clemente

La metodología inició con la recopilación de información bibliográfica y cartográfica para su posterior tratamiento y edición. Las variables agroecológicas consideradas fueron: edáficas (textura, drenaje, profundidad, toxicidad, pH, salinidad) geomorfológicas (altitud, pendiente) y climáticas (temperatura y precipitación).

Finalmente se generó un mapa de celdas agroecológicas con las variables definidas junto con una tabla de atributos, las cuales fueron evaluadas en función de los requerimientos de cada cultivo mediante un lenguaje de consulta estructurado en ArcGis.

b. Escenario futuro del cambio climático de la comunidad en estudio

Para el escenario futuro del cambio climático se descargó el modelo climático global HadGEM2-ES (Hadley Center Global Environment Model versión 2), disponible en el portal Worldclim, <http://worldclim.org/>. Se utilizó este modelo porque simula de manera más realista la distribución espacial y estacional de la precipitación y temperatura de Sudamérica tropical durante toda la temporada considerando la estación seca, que es subestimada por los demás modelos (Yin, Fu, Shevliouva y Dickinson, 2013).

El modelo descargado fue proyectado para el año 2070 (promedio para 2061-2080) con una resolución de 1 km² (30 arcseg) aproximadamente en la línea del Ecuador, considerando dos vías de concentración de gases de efecto invernadero definidas por el IPCC en su quinto informe del

2014, RCP 2.6 (emisiones bajas) y RCP 8.5 (emisiones altas). Se consideró la base de datos de información en formato ráster de temperatura media anual y precipitación.

c. Evaluación de los efectos del cambio climático en requerimientos agroecológicos de los cultivos

Para definir el impacto del cambio climático, se realizó la zonificación agroecológica considerando los escenarios con rangos de emisión de 2,6 y 8,5 del modelo HadGEM2-ES, en los cuales los rangos de temperatura y precipitación presentan variaciones diferentes. En cuanto a los atributos edafológicos de la comunidad se consideran los mismos de la actualidad y se analizó los requerimientos agroecológicos de los posibles cultivos que podrían darse en estos nuevos acontecimientos precipitaciones y temperaturas.

Resultados y discusión

Distribución agroecológica de los cultivos en la comunidad San Clemente

La Figura 2 muestra el uso actual del suelo en San Clemente (409,53 has), en donde predomina la agricultura principalmente de cereales, lo que se ve reflejado en la superficie destinada para cultivar cebada (*Hordeum vulgare* - 15,7 has) y maíz (*Zea mays* - 86,4 has), el cual se encuentra en monocultivos y asociaciones con fréjol y haba. Los cultivos de haba (*Vicia faba*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) son pequeños ocupado solo 9,13 has de la comunidad, incluso el fréjol se encuentra solo en asociaciones con maíz. Los pastizales (*Pennisetum clandestinum*) dominan amplias extensiones de terreno, ocupando 128, 6 has, debido a que es una planta que se adapta con facilidad a las condiciones climáticas y edáficas y es utilizado en la crianza de ganado vacuno.

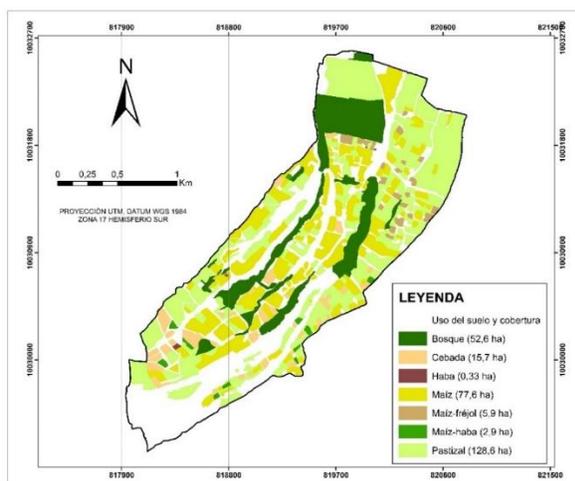


Figura 2. Uso actual del suelo en la Comunidad San Clemente.

La zonificación agroecológica evidenció que las superficies de cultivos difieren del uso actual tal como muestra la Figura 3. Generalmente algunos sectores dentro del territorio podrían albergar a más de un cultivo, porque la aptitud agroecológica es compartida. Justamente, un 35% del territorio ubicada en el sector norte presenta aptitud para el cultivo de maíz, cebada y haba. También existen sectores con aptitud para cebada y maíz (43%), para cebada y haba (44%), y cebada y chocho (26%). De hecho, la asociación actual de cultivo entre maíz y haba, existente en la comunidad funcionaría, debido a que las condiciones agroecológicas permiten esta asociación.

La aptitud de los cultivos se resume en lo siguiente:

- El chocho (*Lupinus mutabilis*) tiene aptitud en Imbabura (INIAP, 2008) y por lo tanto en San Clemente en donde la superficie de aptitud es de 104, 04 has, sin embargo, en la actualidad no existe ninguna parcela destinada a la producción de este en la comunidad.
- De acuerdo con las variables climáticas, en la comunidad no existen zonas aptas para el cultivo de fréjol, pero, considerando aspectos edafológicos si existen algunas zonas aptas y de existir condiciones climáticas favorables en

el futuro, sería una alternativa agroecológica viable.

- El haba desempeña un papel importante dentro de los sistemas de producción en el proceso de movimiento de la materia y energía del agroecosistema (Díaz, Herrera, Ramírez, Aliphat, y Delgado, 2008), resultando en 60,23 has de aptitud.
- El maíz constituye un alimento básico a nivel mundial, el cual además de constituir un cereal con un nivel de gran importancia cultural para el sector indígena. La superficie apta para este cultivo son 176, 59 hectáreas, lo que corresponde al 43,01% de la comunidad.
- La superficie apta de la cebada corresponde a 178, 6 has.
- El kikuyo soporta cargas animales altas de ganado y tiene la capacidad para prevenir la erosión del suelo, sin embargo es considerada invasora. Su aptitud es de 8, 4 has.

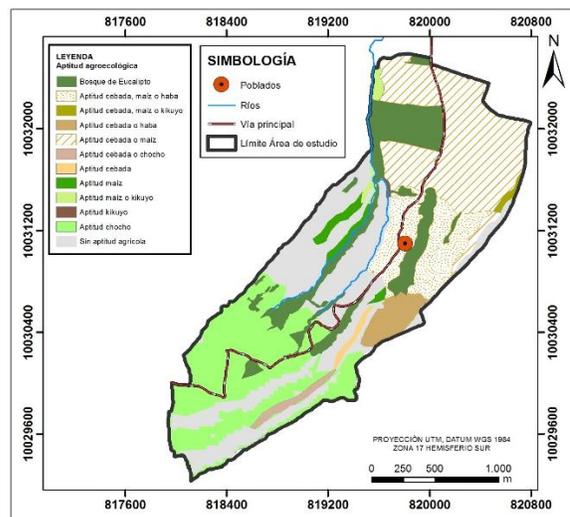


Figura 3. Distribución agroecológica de los cultivos en la comunidad San Clemente.

Possible escenario de cambio climático en la comunidad San Clemente

Varios estudios han apuntado consistentemente a largo plazo la temperatura superficial aumentará en los Andes tropicales región (Ecuador, Bolivia y Perú) de alrededor de 0,11°C por década en el período de 1950 a 1998. Un pronóstico por Alves

(citado por Hidalgo, et. al., 2015, pág. 147) para la provincia Imbabura indica que habrá un aumento (2.6°C) en la temperatura media y se pronostica una disminución significativa de la precipitación anual en un 30,5% en el período comprendido entre 2041 y 2070 en comparación con el período de referencia (1961-1990).

La temperatura en San Clemente coincide con todas las predicciones a nivel mundial que indican un incremento generalizado, por lo cual en función del modelo utilizado y con un escenario de emisiones bajas (RCP 2,6), la temperatura se incrementaría entre 0,5 a 1 °C, en caso de que las emisiones sean altas se incrementaría en 2 °C como se muestra en la Tabla 1. Estos resultados coinciden con información de investigaciones en Chimborazo, Tungurahua y el Ángel-Carchi en donde se reportan aumentos significativos (Bustamante, 2017; Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda, 2015). Los cambios en la temperatura tendrán efectos directos en la productividad de los cultivos y los patrones de distribución de estas y de especies transmisoras de enfermedades tropicales que en las nuevas condiciones pueden incrementar su distribución altitudinal (Bustamante, 2017).

Tabla 1.
Predicción de temperatura en San Clemente para el año 2070.

Temperatura Actual	Temperatura media anual (°C) (RCP 2.6)	Temperatura media anual (°C) (RCP 8.5)
12-15.5	13-16	15-18

Los resultados muestran que para el año 2070 existirá una disminución en la precipitación aproximadamente de 12 a 20% tal como se muestra en la Tabla 2. Estos cambios bruscos de precipitación se deben a la variabilidad de pisos climáticos en la región norte, en la que se encuentran las estaciones meteorológicas. Este aumento se considera elevado en contraste con estudios que muestran disminución de precipitación en rangos de 5% a 13%, incluso

aumentos de 5% de acuerdo con el modelo climático aplicado (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda, 2015; Orozco et al., 2014). La precipitación es una variable relevante para las evaluaciones hidrometeorológicas y la productividad de los cultivos (Kumar et al., 2004) por lo que incluso los pequeños cambios en las precipitaciones pueden afectar la productividad (Lobell y Burke, 2008).

Tabla 2.
Predicción de precipitación anual en San Clemente para el año 2070.

Precipitación anual (mm)	Precipitación anual (mm) (RCP 2.6)	Precipitación anual (mm) (RCP 8.5)
943-980	825-995	758-908

Consecuencias potenciales de un escenario de cambio climático en las condiciones agroecológicas de los cultivos

De acuerdo al escenario de cambio climático RCP 2.6, en el año 2070, al existir un cambio en variables climáticas (precipitación y temperatura), San Clemente tendrá superficies aptas para 4 cultivos, 3 de los cuales corresponden a cultivos andinos y el último a un tipo de pasto naturalizado: cebada, chocho, maíz y kikuyo. Su distribución es amplia y comprenden desde 2,84 ha del kikuyo hasta 178,58 ha de cebada como se muestra en la Figura 4.

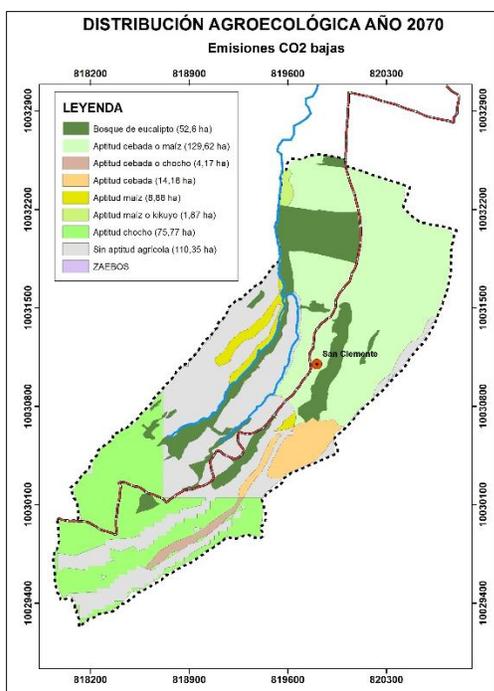


Figura 4. Distribución agroecológica (año 2070) en San Clemente con escenario de 2.6 RCP.

En este rango de emisión el fréjol tampoco tiene aptitud, al igual que en la distribución actual, debido a las condiciones climáticas. El haba no tiene aptitud, debido a que en donde existen condiciones térmicas aptas, no hay las condiciones de precipitación y viceversa por lo que la ausencia de áreas en donde se posibilite este cultivo se hace visible. El kikuyo reduce en un 34 % de aptitud al igual que el chocho en un 21 %.

San Clemente cuenta con una alta aptitud para producción de cereales como es el maíz (176, 2 has) y cebada (178, 6 has), que, a pesar de los cambios de las condiciones ambientales, la aptitud futura sigue siendo la misma que la actual por lo que se presume que para el año 2070 los cultivos andinos seguirán predominando en la canasta familiar de la comunidad.

Escenario de cambio climático RCP 8.5

En el escenario de emisión 8,5, San Clemente tendrá superficies aptas para 4 cultivos, 2 de los

cuales corresponden a cereales andinos: cebada y maíz, tal como se muestra en la Figura 5. No existirán zonas aptas para el chocho y el haba debido a que los cambios de temperatura afectarán su distribución. La aptitud del fréjol es mínima (0,05ha), sin embargo, tiene potencialidad al contrario de lo que se visualiza en el modelo de RCP 2,5 a diferencia de una investigación en México donde se predice que la superficie de alto potencial de fréjol disminuye conforme se avanza hacia el futuro en los años (Medina-García et al., 2016). El kikuyo tiene la mayor potencialidad en comparación al modelo agroecológico potencial actual y el de RCP 2.5, sin embargo, no supera el uso actual; por ello se considera que para el año 2070 los agricultores tendrán rendimientos más altos que los actuales.

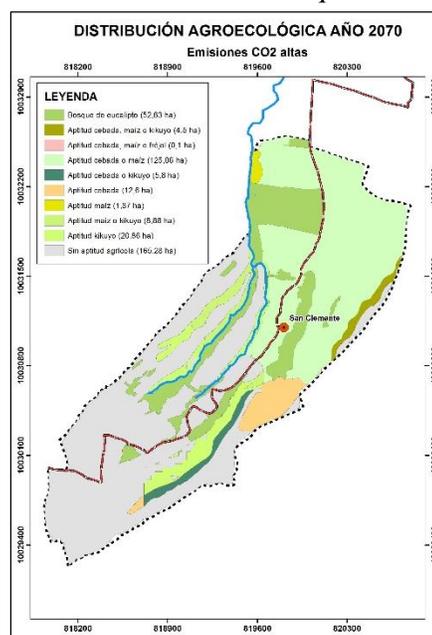


Figura 5. Distribución agroecológica (año 2070) en San Clemente con escenario de 8.5 RCP.

Conclusiones

En la actualidad, la comunidad San Clemente presenta zonas agroecológicas aptas para cultivos de haba (*Vicia faba*), chocho (*Lupinus mutabilis*), maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*), siendo el de mayor aptitud la cebada, seguida del maíz.

Además, existen asociaciones agroecológicas entre cultivos como por ejemplo la cebada y el maíz, debido a que presentan aptitud agroecológica en espacios similares, sin embargo, el actual uso de suelo denota que el maíz y la cebada no están siendo aprovechados en todo su potencial. Por el contrario, el fréjol (*Phaseolus vulgaris*), mismo que no tiene aptitud en la comunidad, se encuentra en el territorio en asociaciones con el maíz y el pasto kikuyo está siendo sobre utilizado en el territorio.

Para el año 2070, en un escenario de emisiones bajas (2,6 RCP) la temperatura se incrementaría entre 0,5 a 1 ° C, y existiría una reducción de precipitación en alrededor del 5 %. Mientras que, para un escenario de emisiones altas (RCP 8,5) la temperatura se incrementaría alrededor de 2°C y una reducción de precipitación de alrededor del 13%.

Bajo estas condiciones, en ambos escenarios se mantendría la aptitud agroecológica para el maíz y la cebada, pero desaparece la aptitud para el haba. En el escenario RCP 2,6 el pasto kikuyo no se expandiría, se reduciría las zonas aptas para cultivar chocho en alrededor del 30% y no presentaría zonas aptas para cultivar frejol. Mientras que, para el escenario 8,5 el chocho dejaría de presentar aptitud agroecológica, el frejol presentaría aptitud en menos de 1% del territorio (0,05 ha) y el pasto kikuyo experimentaría un aumento en su aptitud en más del 100%. Estos resultados muestran que las condiciones climáticas provocan fluctuaciones importantes en la distribución agrícola potencial.

Recomendaciones

El cambio climático se deber incorporar como un eje transversal en la gestión y el ordenamiento del territorio para desarrollar estrategias que permitan visualizar su posible impacto en el futuro sobre los recursos naturales para así implementar políticas que ayuden a fortalecer los procesos del uso eficiente del suelo y evitar que los

agricultores tengas altas pérdidas por sembrar y no considerar la aptitud agroecológica.

Referencias bibliográficas

- Bustamante, D. (2017). Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo-Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 26 (2):15-27.
- Díaz, M., Herrera, E., Ramírez J., Aliphath, M. y Delgado, A. (2008). Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra Norte de Puebla, México. *INTERCIENCIA*, 33 (8), 610-615.
- Fernández, M. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores: evaluación del riesgo agroclimático por sectores*. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/5>.
- Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda. (2015). *Estudio del Estado Actual del Ecosistema Páramo En Tungurahua*. Tungurahua, Ecuador: Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo).
- Gutiérrez, A. (2010). Plan estratégico de turismo comunitario para la comunidad de San Clemente, provincia de Imbabura (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Hidalgo, F., Alves Zanella, M., Laforge, M., & Quishpe, V. (2015). Natural Resource Governance in the Indigenous Territories of the Imbabura Andean Region, Ecuador. En A. Zanella, J. Rosendahl, &

- J. Weigelt, Pro-poor Resource Governance under Changing Climates. Addressing vulnerabilities in rural Bangladesh, Bolivia, Brazil, Burkina Faso, Ecuador and India (págs. 1-191). Postdam: Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS).
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2008). *Guía Técnica de Cultivos*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Kumar, K. K; Kumar, K. R.; Ashrit, R. G.; Deshpande, N. R. y Hansen, J. W. (2004). Climate impacts on Indian agriculture. *Int. J. Climatol*, 24, 1375-1393.
- Lobell, D. y Burke, M. (2008). Why are agricultural impacts of climate change uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. *Environ. Res. Lett.*, 3, 1-8.
- Medina-García, G., Ruiz-Corral, J., Rodríguez-Moreno, V., Soria-Ruiz, J., Díaz-Padilla, G., y Zarazúa Villaseñor, P. (2016). Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (13), 2465-2474.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1997a). *La agricultura y los cambios climáticos: la función de la FAO*. Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1997b). *Zonificación agroecológica: Guía general*. Roma: Autor.
- Orozco, G., Durán, N., González, D., Zarazúa, P., Ramírez, G. y Mena, S. (2014). Proyecciones de cambio climático y potencial productivo para *Salvia hispanica* L. en las zonas agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (12), 183-184.
- Oviedo, B. y León, G. (2010). *Guía de procedimiento para la generación de escenarios de cambio climático regional y local a partir de los modelos globales*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- Salcedo, S. y Guzmán L. (Eds.). (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. Chile: FAO.
- Yin, L., Fu, R., Shevliakova, E. y Dickinson, R. (2013). How well can CMIP5 simulate precipitation and its controlling processes over tropical South America?. *Climate Dynamics*, 41(11-12), 3127-3143.