

---

# Resultados de la implementación del sistema de Agricultura de conservación versus manejo de suelo convencional en maíz y frijol en la zona del corredor seco de Nicaragua.

Rodolfo Valdivia, Jorge Castellón, Felipe Pilarte, Ariel Espinoza, Jorge Martinez, Franklin Pineda, Francisco Calderón, Augusto Lanuza, Alfredo Castro, Enrique Moncada, Antonio Navarrete, Augusto Gutierrez, Pablo Díaz, Moisés Martinez, Julio Miranda, Bertha Valle, Edwin Flores, Henry Meza, Flavia Andino, Octavio Meneses, Didier Matey, Josué Rodriguez, Luis Valverde, Pavel, Norman Padilla y Auner Perez.





[Resumen](#)

[Introducción](#)

[Materiales y métodos](#)

**Resultados**

- [Humedad gravimétrica](#)
- [Materia orgánica](#)
- [Macrofauna](#)
- [Biomasa](#)
- [Rendimiento](#)

[Conclusiones](#)

[Recomendaciones](#)

[Bibliografía](#)

## Resumen

Con el objetivo de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo haciendo uso de agricultura de conservación (mínima labranza, cobertura permanente en el suelo y rotación/asociación de cultivos) y los cuatro principios de la nutrición (dosis, fuente, momento y lugar) versus manejo convencional, se cosecharon 372 parcelas de granos básicos en los municipios de Yalagüina (Madriz), Estelí y Condega (Estelí), La Concordia y Jinotega (Jinotega), San Dionisio, Matagalpa y Esquipulas (Matagalpa). El diseño experimental utilizado es el arreglo de parcelas pareadas. El tamaño de la unidad experimental fue de 1000

m<sup>2</sup>. Para comparar los tratamientos se utilizó la prueba de t-Student. En Los resultados obtenidos hasta el momento, el tratamiento ASA ha incrementado la humedad gravimétrica con promedio de 3.78%, la cobertura vegetal (biomasa)de suelo por encima del 300%, el peso de la lombriz de tierra incrementó en 155.7 kg/ha, la materia orgánica en 0.47% y rendimiento de maíz y frijol por encima del 15 % en comparación al tratamiento de la parcela testigo.

## Introducción

La agricultura de secano representa más del 98.4% de las tierras cultivadas (INIDE-MAGFOR, 2013), el maíz y el frijol son la base de la dieta alimenticia de los nicaragüenses. El rendimiento promedio en la última década para maíz es de 1260 kg/ha y 756 kg/ha en frijol.

El deterioro de los suelos es evidente en los diferentes sistemas de producción de Nicaragua reflejado en las pérdidas de hasta 250 ton/año (FAO, 2010), de igual manera (INETER, 2014) refleja un 46% de sobreuso de los suelos a nivel nacional. Los rendimientos en el corredor seco son relativamente bajos, frijol 400 a 500 kg/mz y maíz 500 a 700 kg/mz según MAG, 2014.

El deterioro de los suelos por el mal manejo es crítico en todo el país; según MAGFOR (2014), más del 40% del territorio nacional muestra niveles de sobreutilización de la tierra. La mayor parte de esta sobre utilización ocurre cuando la agricultura de secano se practica en suelos con vocación forestal.

En este contexto CRS con sus socios y aliados FIDER, Caritas Diocesana de Matagalpa, FAREM Estelí, FAREM Matagalpa, UCATSE y MAONIC ha implementado durante tres años consecutivos el sistema de agricultura de conservación como un eje clave para incrementar la materia orgánica, la retención de humedad, los rendimientos de maíz y frijol.

El sistema de agricultura de conservación se basa en tres principios: mínima turbación de suelo, cobertura permanente del suelo y rotación/asociación de cultivos.

El presente estudio es un análisis de parcelas de investigación de Agricultura de conservación vs convencional que tienen tres años de implementación, el objetivo es valorar el efecto de ambos sistemas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y en el rendimiento de los cultivos de maíz y frijol.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en 375 fincas de agricultores de los municipios de Yalagüina (Madriz), Estelí y Condega (Estelí), La Concordia y Jinotega (Jinotega), San Dionisio, Matagalpa y Esquipulas (Matagalpa).

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Tratamiento ASA: Agricultura de conservación más los cuatro principios de la nutrición (Fuente, Dosis, Momento y Lugar) y 2) Tratamiento testigo basado en lo que tradicionalmente realiza el productor en el manejo de suelo.

El diseño utilizado es un arreglo de parcelas de pareadas. El tamaño de cada unidad

experimental fue de 1000 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron humedad gravimétrica del suelo, macrofauna (lombriz de tierra), biomasa, materia orgánica y rendimiento de maíz y frijol. Para cada variable se tomaron tres datos por tratamiento (parte alta, media y baja).

Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva (media, mínimo, máximo y desviación estándar) y prueba de t Student para medias independientes y la prueba de Fischer para determinar homogeneidad de varianzas de las dos muestras.



## Resultados: Humedad gravimétrica

El análisis estadístico a través de la prueba de t Student no detecto diferencias estadísticas en agosto 2017 ( $p=0.061$ ), pero si para los meses de noviembre 2017 ( $p=0.002$ ) y enero 2018 ( $p=0.001$ ). En agosto 2017 el incremento de humedad gravimétrica fue de 2.87 %, pasando desde 27.94% en el testigo hasta en 30.81% en la parcela ASA. En noviembre del 2017, se mostró un incremento de 3.95% de humedad del suelo de la parcela ASA sobre el testigo, esto evidencia que las prácticas de restauración de suelo que se están implementando en las parcelas están haciendo efecto en el incremento en la retención de humedad en el suelo. En términos de agua en el suelo en los primeros 20 cm y densidad aparente de 1.1 g/cm<sup>3</sup> representa 86,900 litros adicionales en parcela ASA con respecto a la parcela testigo en el momento del muestreo.

Para enero del 2018 el incremento de humedad gravimétrica fue del 4.32%, pasando desde 14.73% en el testigo hasta en 17.99% en la parcela ASA, que en términos de agua en el suelo representa 77,000 litros adicionales en parcela ASA con respecto a la parcela testigo en el momento del muestreo. Esta humedad adicional en la parcela ASA es muy importante, porque en tiempo de sequía o salida temprana del invierno el cultivo puede tener disponibilidad de humedad por 10 días más con respecto al manejo tradicional.

En la tabla 1 se presenta los valores promedios de humedad gravimétrica en los tres meses de muestreos, en el cual se observa que a medida que transcurre el tiempo después de la salida del invierno la humedad gravimétrica va decreciendo en ambas parcelas, sin embargo, en los tres

que se realizaron las mediciones la tendencia es que la humedad gravimétrica de parcela ASA supera al testigo en un 3.71%, que en términos de agua representa 81,620 litros adicionales en parcela ASA cada vez se hizo la medición.

*Tabla 1. Estadística descriptiva, prueba de F y T Student para humedad gravimétrica de 53 parcelas*

| Fecha          | Tratamiento | n  | Mínimo | Media | Máximo | DS   | (ASA-testigo) | Fischer | T Student |
|----------------|-------------|----|--------|-------|--------|------|---------------|---------|-----------|
| Agosto 2017    | ASA         | 52 | 6.90   | 30.81 | 57.63  | 8.32 | 2.87          | 0.663   | 0.091     |
|                | Testigo     |    | 10.29  | 27.94 | 53.75  | 8.85 |               |         |           |
| Noviembre 2017 | ASA         | 52 | 14.80  | 27.22 | 45.26  | 6.18 | 3.95          | 0.609   | 0.002     |
|                | Testigo     |    | 11.13  | 23.27 | 42.34  | 6.65 |               |         |           |
| Enero 2018     | ASA         | 52 | 8.52   | 20.87 | 43.84  | 7.24 | 4.32          | 0.278   | 0.001     |
|                | Testigo     |    | 4.33   | 16.55 | 34.54  | 6.21 |               |         |           |

## Resultados: Materia orgánica (MO)

La prueba de t- Student no detectó diferencias estadísticas entre los dos tratamientos. De las 55 parcelas donde se determinó MO, en 48 de ellas (89.1 %), la parcela ASA presentó mayor contenido de materia orgánica y el incremento porcentual en los años 2016-2017 de la parcela ASA con respecto al testigo fue de 10.68% (0.47% de incremento en el porcentaje de MO), gráfico 2. Aunque según la literatura, el incremento de la MO es lento y a largo plazo, sin embargo, los datos muestran tendencias de que las prácticas de restauración de suelo (cobertura permanente de suelo) están contribuyendo al incremento de la MO, y esto es debido a que los productores han depositado en promedio 17.92 ton/ha de biomasa en los años 2016-2017.

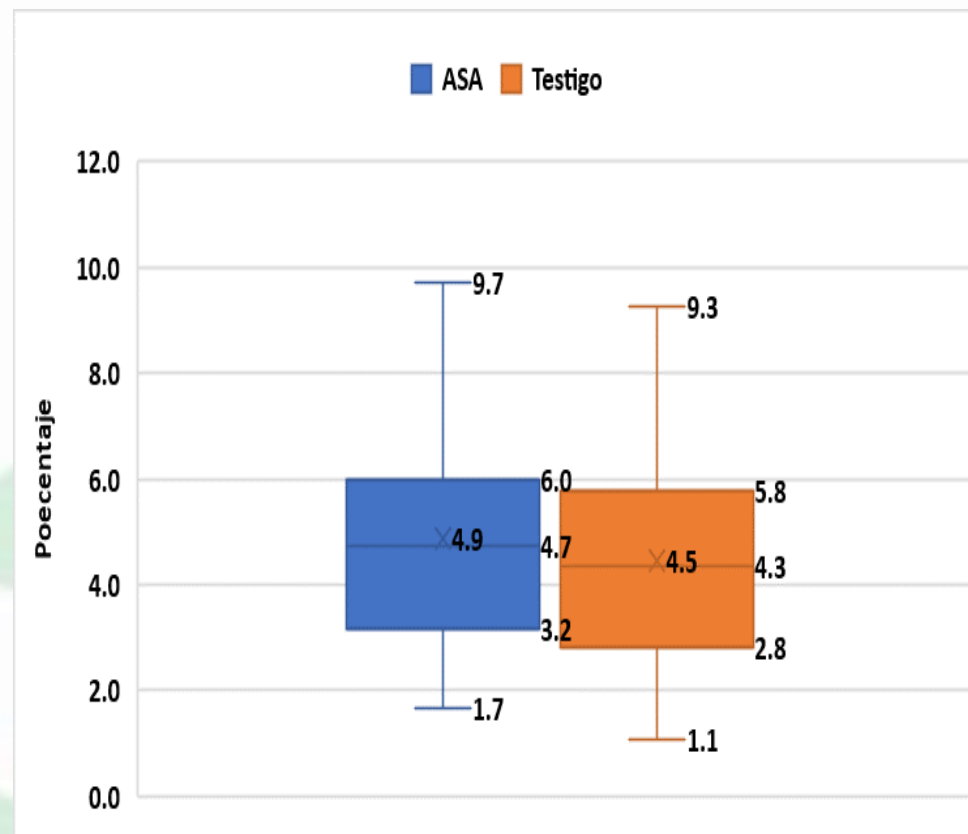


Gráfico 2. Contenidos de materia orgánica en 55 parcelas de restauración de suelos



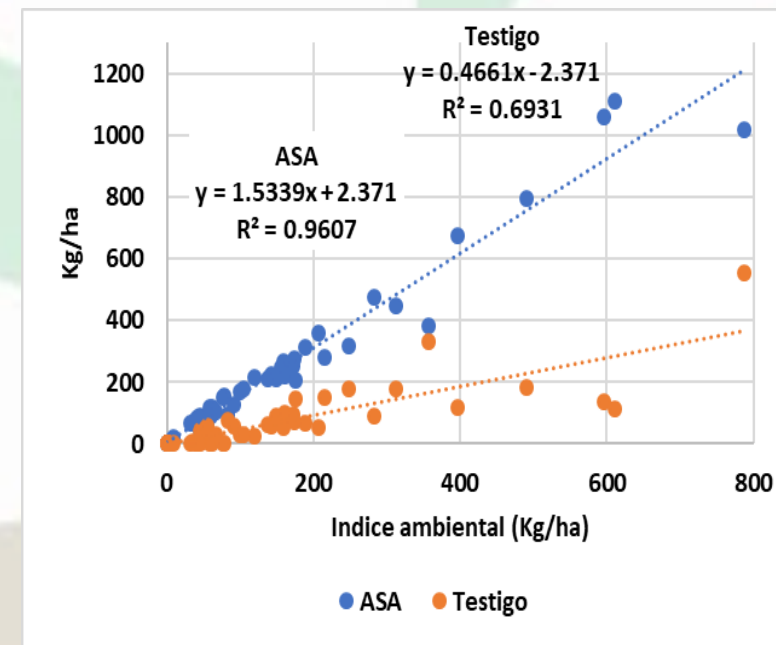
## Resultados: Macrofauna (lombriz de tierra)

La prueba de t-Student detecto diferencias altamente significativas ( $p=0.000$ ) entre los dos tratamientos. De las 57 parcelas en que se hizo medición lombriz de tierra en el noviembre del 2017, en 44 de ellas (77.19%), la parcela ASA presentó mayor peso de lombriz de tierra. El incremento porcentual de la parcela ASA con respecto al testigo fue de 253% (156 Kg/ha) (tabla 2). Las prácticas de restauración de suelos que se han estado implementando ha permitido el incremento de las poblaciones de lombriz de tierra en los primeros 30 cm de suelo.

En el grafico 3 se presenta la dispersión de las

observaciones de la cantidad del peso de lombriz de tierra de todas las parcelas, donde la tendencia es visible que las prácticas de agricultura de conservación que contribuye a incrementar la materia orgánica han contribuido a incrementar la macrofauna del suelo, lo cual conlleva a otros beneficios como son: mejorar la estructuración del suelo, densidad aparente, la porosidad total, e infiltración de agua.

Gráfico 3. Dispersión del peso de lombriz de tierra en 57 parcelas de investigación



## Resultados: Biomasa

La prueba de t-Student detecto diferencias altamente significativas para la cantidad de biomasa entre los dos tratamientos. En el año 2016 el incremento porcentual de la parcela ASA con respecto al testigo fue de 318% (5.4 ton/ha), en cambio, en el año 2017 la parcela ASA superó al testigo en un 380% (8.6 ton/ha) (tabla 2). Se ha comprobado que la adición de residuos vegetales produce efectos beneficiosos sobre otras propiedades del suelo como la capacidad de retención hídrica y de intercambio catiónico. Ambas son favorecidas por este tipo de práctica, provocando uso eficiente de agua de lluvia en las diferentes etapas fenológicas del cultivo y la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas.

En el grafico 4 se presenta la cantidad promedio de biomasa depositada en los años 2016, 2017 y total

depositada en las parcelas, para este indicador lo importante es la adición contante de material fresco para el reciclaje de nutrientes y aporte de nitrógeno y carbono orgánico. Cuando se aporta una tonelada de carbono mediante la masa seca se suministra al suelo un 26.5% (265 Kg/ha) de masa microbiana (Benites, 2003). La cantidad total promedio de biomasa vegetal depositada en las parcelas es de 17.92 Ton/ha, esta cantidad de biomasa deposita ha permitido el incremento de 0.47% de materia orgánica. Esto indica que con la implementación de la agricultura de conservación para incrementar uno por ciento de materia orgánica se necesitan de cuatro a cinco años depositando 9 ton/ha de material seco por año.

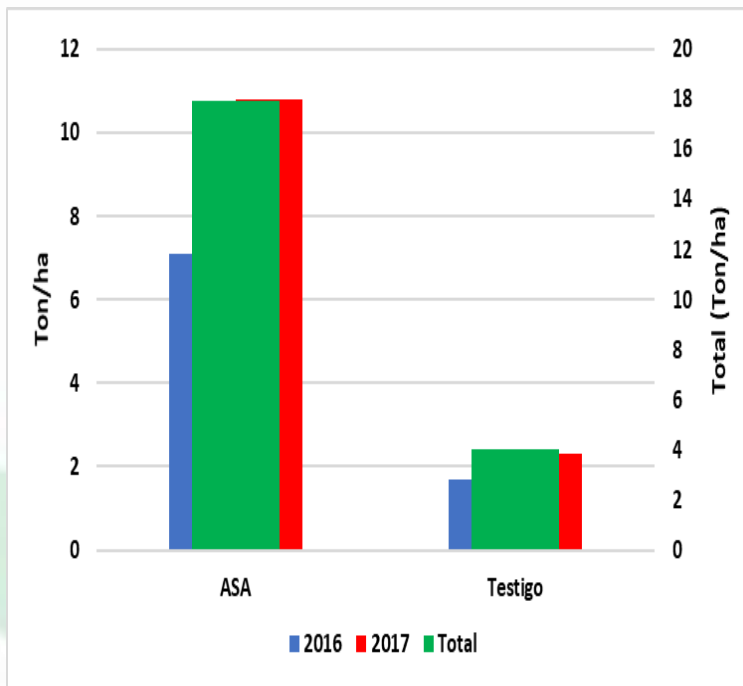


Gráfico 4. Biomasa depositada en las parcelas de investigación

Tabla 2. Estadística descriptiva, prueba de F y T Student para macrofauna, materia orgánica y biomasa depositada en el suelo.

| Indicador        | Tratamiento | n  | Mínimo | Media | Máximo | DS    | Diferencia | Fischer | T Student |
|------------------|-------------|----|--------|-------|--------|-------|------------|---------|-----------|
| Materia Orgánica | ASA         | 56 | 1.7    | 4.8   | 9.7    | 2.1   | 0.47       | 0.570   | 0.327     |
|                  | Testigo     |    | 1.1    | 4.4   | 9.3    | 1.9   |            |         |           |
| Macrofauna       | ASA         | 57 | 0.0    | 217.1 | 1111.0 | 258.0 | 155.7      | 0.000   | 0.000     |
|                  | Testigo     |    | 0.0    | 61.4  | 556.0  | 82.0  |            |         |           |
| Biomasa 2017     | ASA         | 52 | 0.0    | 7.1   | 23.8   | 4.3   | 5.4        | 0.000   | 0.000     |
|                  | Testigo     |    | 0.0    | 1.7   | 8.5    | 2.0   |            |         |           |
| Biomasa 2018     | ASA         | 52 | 1.3    | 10.8  | 30.9   | 4.8   | 8.6        | 0.000   | 0.000     |
|                  | Testigo     |    | 0.0    | 2.3   | 7.9    | 2.4   |            |         |           |

## Resultados: Rendimiento

A nivel general, realizando un análisis por rubro, en los dos años, la prueba de t-Student detectó diferencias altamente significativas ( $p < 0.00001$ ), indicando que en el 100% de las parcelas de frijol y maíz la parcela ASA estadísticamente supero al testigo, esto evidencia que las prácticas de restauración de suelo en el rubro de granos básicos están haciendo efecto en el incremento de los rendimientos.

En el año 2016 en el rubro frijol se cosecharon 228 parcelas, de las cuales 182 (79.8%) superaron al testigo, el incremento del rendimiento de la parcela ASA con respecto al testigo fue de 207 Kg/ha (25.4%). En cambio, en el año 2017 cosecharon 245 parcelas, de las

cuales 243 (79.8%) superaron al testigo, el incrementando el rendimiento de la parcela ASA con respecto al testigo de 287 Kg/ha (34.6%) (grafico 5 y tabla 3).

En el año 2016 en el rubro maíz se cosecharon 370 parcelas, de las cuales 284 (76.7%) superaron al testigo, el incremento del rendimiento de la parcela ASA con respecto al testigo fue de 353 Kg/ha (14.8%). En cambio, en el año 2017 cosecharon 371 parcelas, de las cuales 355 (95.7%) superaron al testigo, el incrementando el rendimiento de la parcela ASA con respecto al testigo de 820 Kg/ha (29.6%) (grafico 5 y tabla 3).

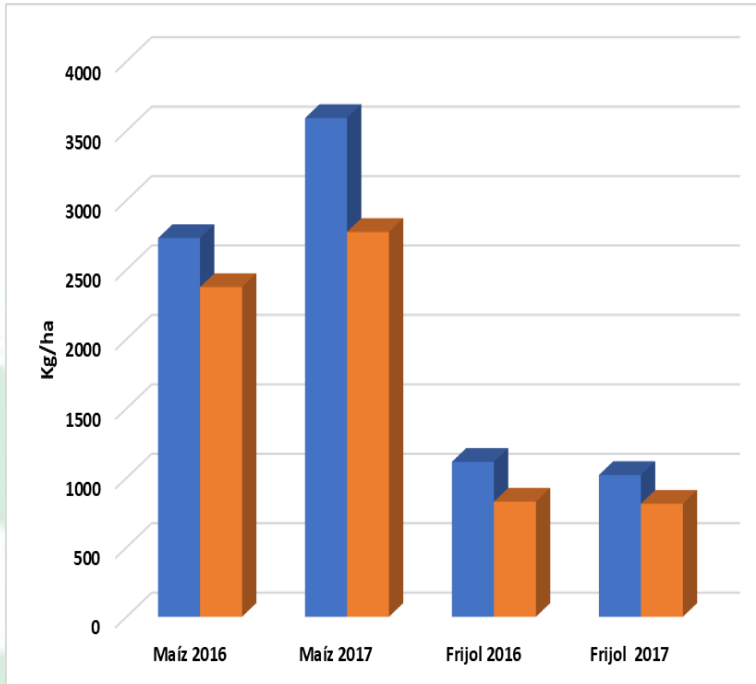


Gráfico 5. Rendimiento (Kg/ha) de maíz y frijol obtenidos en las parcelas de investigación

Tabla 3. Estadística descriptiva, prueba de F y T Student para rendimiento (kg/ha) de frijol y maíz

| Fecha       | Tratamiento | n   | Mínimo | Media | Máximo | DS   | Diferencia | Fischer | T student |
|-------------|-------------|-----|--------|-------|--------|------|------------|---------|-----------|
| Maíz 2016   | ASA         | 370 | 226    | 2727  | 5880   | 1325 | 353        | 0.069   | 0.000     |
|             | Testigo     |     | 331    | 2374  | 5998   | 1205 |            |         |           |
| Maíz 2017   | ASA         | 371 | 1161   | 3591  | 8136   | 1260 | 820        | 0.005   | 0.000     |
|             | Testigo     |     | 669    | 2771  | 5948   | 1089 |            |         |           |
| Frijol 2016 | ASA         | 228 | 159    | 1021  | 4544   | 647  | 207        | 0.001   | 0.000     |
|             | Testigo     |     | 113    | 814   | 2954   | 519  |            |         |           |
| Frijol 2017 | ASA         | 245 | 124    | 1116  | 3430   | 646  | 287        | 0.006   | 0.000     |
|             | Testigo     |     | 70     | 829   | 2825   | 542  |            |         |           |



## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en los años 2016 y 2017 se puede concluir que la agricultura de conservación basada en tres principios: Cobertura permanente en el suelo, mínima perturbación del suelo y rotación de cultivos ha permitido:

- Incrementar la humedad gravimétrica promedio de 3.78% que con una densidad aparente de 1.1 g/cm<sup>3</sup> y una profundidad de suelo de 20 cm, representa 81,620 litros/ha de agua adicional en comparación a suelo sin cobertura vegetal.
- La cobertura vegetal (biomasa) de suelo tiene mayor relevancia en época de bajas precipitaciones, ya habrá disponible de agua para el cultivo en momentos críticos.
- Favorece el incremento de la biología del suelo, en este caso hay un incremento de peso de lombriz de

tierra 2.5 veces en la relación a suelo sin cobertura vegetal.

- Los rendimientos de maíz y frijol fueron superiores en las parcelas con cobertura vegetal, contribuyendo a mayor disponibilidad de alimentos para la familia.
- En dos años de estar implementando agricultura de conservación se ha incrementado los contenidos de materia orgánica en un 0.47%.

Todos los resultados obtenidos en el presente estudio favorecen de manera positiva en mejorar las propiedades físicas, químicas, biológicas y la fertilidad natural del suelo, incidiendo en manera más eficiente en la disminución de los efectos del calentamiento global, mejorar las condiciones agroecológicas, fertilidad de los suelos e incremento de los rendimientos de los cultivos de maíz y frijol.



## Recomendaciones

Para tener mayores evidencias en los indicadores de suelo, se requiere darles seguimiento a los trabajos de investigación en agricultura de conservación, ya que muchos de estos indicadores se requieren monitorearlo por un periodo de cinco años.

Se hace necesario el cambio de cultura en las técnicas de siembras actuales tomando en cuenta la implementación de una agricultura de conservación con miras amortiguar los efectos del cambio climático.

## **Bibliografía**

BENITES J (2003). Conservation Agriculture benefits on water holding, carbon mitigation and reducing soil losses. II World Congress on Conservation Agriculture. p. 16-18. Foz do Iguassu, Brazil.

FAO. 2010. Agricultura “climáticamente inteligente”. Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura(FAO)

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2014. Características del clima en Nicaragua. Dirección general de meteorología. (En línea) Consultado 28 agos 2018. Disponible en:

<http://servmet.ineter.gob.ni/Meteorologia/PDF/caracteristicasdelclimaenNic.pdf>

INIDE-MAGFOR, (2013). IV CENAGRO 2011. Departamento de Boaco, Nicaragua