



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACION

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Análisis del sistema de producción del maíz suave de polinización
abierto en el Ecuador y sus factores adversos”

AUTOR:

Estrada Fernández Félix Alfredo

TUTORA:

Ing. Agr. Rosa Guillén M. Mg. IA

Babahoyo-Ecuador

2020



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DE TITULACION

Componente practico del examen de grado de carácter Complexivo
presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo para obtener el
título de:

INGENIERO AGRONOMO

TEMA:

“Análisis del sistema de producción del maíz suave de polinización
abierta en el ecuador y sus factores adversos”

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Ing. Antonio Alcívar Torres MSc.

PRESIDENTE

Ing. Gustavo Vascones Galarza, MSc.
PRIMER VOCAL

Ing. Emilio Ramírez castro, MSc.
SEGUNDO VOCAL

La responsabilidad por los Resultados, Conclusiones y Recomendaciones del presente trabajo pertenecen única y exclusivamente al autor.

Estrada Fernández Félix Alfredo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia en especial a mis padres que han sido el motor fundamental para alcanzar este logro tan importante en mi vida para el cual ellos han sabido inculcarme muchos valores que he puesto en práctica durante estos años de estudios.

Este trabajo está dedicado a mis padres Gladis Fernández y Lcdo. Félix Estrada que con gran amor paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, y gracias por haber estado pendiente de mi a lo largo de mi carrera estudiantil también quiero dedicarles este trabajo a mis hermanas Sandra, Silvia, y Katusca que han sabido aconsejarme y ayudarme y estar presente en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecerle a Dios todo poderoso por darme la fortaleza y guiarme durante toda mi carrera estudiantil y a mi familia que ha estado pendiente de mí en todo momento y han sabido guiarme y aconsejarme en todo momento gracias por su amor y comprensión durante este trayecto de mi vida.

También me gustaría agradecer a todos los ingenieros que supieron impartirme todos sus conocimientos y enseñanzas durante mi inicio como estudiante agradecerles por la amistad y apoyo que me brindaron durante todos estos años de estudio, y también mi sincero agradecimiento a mi tutora Ing. Rosa Guillen, Mg. IA que supo guiarme y asesorarme para la realización de este trabajo.

Un especial agradecimiento a mis compañeros de clases con los cual compartí buenas y experiencias durante el inicio y culminación de nuestra carrera, en la cual creamos una amistad que se fortaleció con los pasos de los años gracias por todos esos momentos llenos de alegría que compartí con ustedes.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud

Análisis del sistema de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos

Estrada Fernández Félix Alfredo

RESUMEN

Este trabajo se fundamenta en la revisión bibliográfica, partiendo desde la observación agronómica indica la realidad en cuanto al sistema de producción del maíz de polinización abierta por parte de los productores en la agricultura familiar de la Sierra ecuatoriana. Se manifiesta en este estudio deberes de investigación que mejorarían la productividad. Los sistemas tradicionales para la producción de maíz no permiten que el cultivo se desarrolle fenológica y fenométricamente de forma adecuada y produzca el máximo potencial por unidad de superficie. Se logran poblaciones uniformes aplicando el sistema de producción a espeque, ubicando una semilla por sitio a distancias que varían de 0,7 a 0,8 m entre calles y de 0,18 a 0,25 m entre plantas, logrando poblaciones de siembra mayores a 60 000 plantas ha⁻¹, así los cultivos pueden utilizar la luz de manera adecuada, crecen uniformemente y además presentan rendimientos de grano adecuados, esta forma de sembrar augura una mazorca de buen tamaño por planta, además, es importante disminuir o eliminar el movimiento del suelo relacionado a tareas de siembra y control de malezas. Este sistema de producción no remueve el suelo y deja que se acumulen los desechos de cosechas en la superficie y ubica la semilla en el terreno sin moverlo, es quizás la técnica de manejo del suelo que indicaría más impacto a largo tiempo en la productividad ya que colabora a que los suelos se regeneren en sus propiedades químicas, físicas y biológicas.

Palabras clave: maíz, polinización directa, espeque, suelos

Analysis of the open-pollinated soft corn production system in Ecuador and its adverse factors

Estrada Fernández Félix Alfredo

SUMMARY

This work is based on the literature review, starting from the agronomic observation indicates the reality regarding the production system of open pollination corn by producers in family farming in the Ecuadorian Sierra. This study manifests research duties that would improve productivity. Traditional systems for the production of corn do not allow the crop to develop phenologically and pheometrically properly and produce the maximum potential per unit area. Uniform populations are achieved by applying the production system to espeque, placing one seed per site at distances ranging from 0.7 to 0.8 m between streets and from 0.18 to 0.25 m between plants, achieving larger planting populations. 60,000 ha⁻¹ plants, so the crops can use the light properly, grow uniformly and also have adequate grain yields, this way of sowing predicts a cob of good size per plant, in addition, it is important to decrease or choose undermine soil movement related to planting and weed control tasks. This production system does not remove the soil and allows the crop residues to accumulate on the surface and locates the seed on the ground without moving it, it is perhaps the soil management technique that would indicate more long-term impact on productivity since it helps soils regenerate in their chemical, physical and biological properties.

Keywords: corn, direct pollination, spitting, soils

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

SUMMARY

I	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO.....	2
	1.1 Definición del caso de estudio.....	2
	1.2 Planteamiento del problema	2
	1.3 Justificación	2
	1.4 Objetivos	3
	1.4.1 Objetivo general.....	3
	1.4.2 Objetivos específicos	3
	1.5 Fundamentación teórica.....	3
	1.5.1 El sistema de producción del maíz suave en el Ecuador.....	3
	1.5.2 Maíz suave de polinización abierta en el Ecuador.....	4
	1.5.3 Condiciones existentes del cultivo de maíz suave en la Sierra ecuatoriana.....	5
	A. Suelos de la Sierra ecuatoriana.....	6
	B. Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra.....	6
	1.5.4 Factores que afectan a los sistemas de producción del maíz.....	8
	A. Tratamiento del suelo y erosión.....	8
	B. Fertilidad y fertilización incluidas en el sistema de producción en los suelos cultivados con maíz suave.....	10
	C. Posibles innovaciones o alternativas para el sistema de producción en el cultivo de maíz en la Sierra ecuatoriana.....	10
	1. Alternativas al manejo de la densidad de siembra.....	11
	2. Alternativas al manejo del suelo.....	12
	1.6 Hipótesis	13
	1.7 Metodología de la investigación	14
	CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	15

2.1 Desarrollo del caso	16
2.2 Situaciones detectadas	16
2.3 Soluciones planteadas	17
2.4 Conclusiones	18
2.5 Recomendaciones	19
BIBLIOGRAFÍA	20

I INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es el segundo cultivo del mundo debido a su producción después del trigo, y esto resulta por su producción de grano por unidad de superficie. El maíz dulce es el primero entre los cereales a ser sometido a prontos e importantes métodos de transformaciones tecnológicas en cuanto a su forma de cultivo, tomando un alto nivel de importancia económica en el mundo, esto se debe a la gran variedad de beneficios que se obtienen de este cultivo ya sea para la alimentación humana, o como materia prima para la industria (Paliwal 2011).

Vale indicar que el cultivo de maíz suave de polinización abierta en el año 2009 ayudó con 23,6 millones de dólares a la economía del país ("INIAP, 2015"). En cuanto a la producción de maíz esta se encuentra en casi la mayoría de las provincias de la Sierra, distribuyéndose en altitudes entre 2.000-3.000 msnm y es usado como choclo (mazorca tierna) y en también como grano seco. La producción promedio del maíz en el país es relativamente baja ($\approx 1 \text{ t ha}^{-1}$) (Van Zwieten 2015).

En la serranía ecuatoriana la baja productividad es la consecuencia de varios factores, destacándose el sistema de producción en cuanto a la siembra tradicional que lleva a poblaciones bajas y poco uniformes en el campo, el uso del material genético no apto, y movimiento constante del suelo para las diversas labores de preparación del suelo (Van Zwieten 2015).

Esta revisión bibliográfica busca analizar los principales problemas en cuanto a la producción de maíz suave de polinización abierta en los terrenos de productores dedicados a la agricultura familiar en la serranía ecuatoriana y con esta información contribuir con sugerencias para de esta manera mejorar el manejo del suelo y el cultivo buscando un ascenso en cuanto a los rendimientos por unidad de superficie de este rublo importante en la economía de la agricultura familiar.

CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO

1.1 Definición del caso de estudio

Análisis del sistema de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos.

El cultivo de maíz dulce en la serranía ecuatoriana, al ser un producto agrícola de alto consumo en la alimentación humana, se requieren de nuevas técnicas de manejo para obtener mayor producción por unidad de superficie y a su vez se requiere también de una revisión de los sistemas ya establecidos, todo aquello relacionado con los factores del clima, los cuales siempre serán los árbitros dentro del manejo de cualquier cultivo. Lo cual es detallado en este trabajo.

1.2 Planteamiento del problema

La producción de maíz dulce en la serranía ecuatoriana genera divisas para pequeños y medianos productores, por lo cual es de gran ayuda dentro del sector económico del país, pero vale indicar que los métodos o sistemas de siembra con las labores culturales que las comprenden no han sufrido un proceso de innovación, manteniéndose en su mayoría aun en lo empírico a excepción de pequeños sectores, pues los conocimientos respecto al tema que poseen los agricultores son de carácter ancestral y pocos son los que han incluido una modernidad en las labores agrícolas e incluso, en varias zonas se cultivan todavía variedades nativas no mejoradas, estos factores provocan que la productividad de grano o choclo sea bajo lo que detiene la capacidad adquisitiva y a su vez restringe la aplicación de agro insumos e incluso la mecanización.

1.3 Justificación

Pocos son los agricultores de la serranía que cultivan maíz dulce que reciben capacitaciones sobre los sistemas de producción que conllevan a un buen manejo agrícola, los cuales desembocan en una alta productividad, por lo tanto, este trabajo se realizó mediante la observación y análisis de los sistemas de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos para así indicar los efectos positivos y negativos a nivel de producción, y de esa forma extender posibles soluciones; vale recalcar que este trabajo se fundamentó en revisiones bibliográficas

basadas en libros, revistas científicas, tesis de grado, manuales y folletos agrícolas, trípticos, etc., para generar resultados fidedignos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Analizar el sistema de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las diferencias en productividad existentes entre las diferentes variedades de maíz suave en Ecuador
- Determinar el sistema de producción con mayor efectividad para el cultivo de maíz dulce en el Ecuador.

1.5 Fundamentación teórica

1.5.1 El sistema de producción del maíz suave en el Ecuador.

Vale indicar que el 44% de la producción mundial del maíz se ejecuta con híbridos, el 14% con variedades de polinización libre mejoradas, mientras que el 42% corresponde a variedades de polinización abierta no mejoradas. En cuanto a las variedades de polinización abierta se usan específicamente en países en proceso de desarrollo para alimentación humana. Por lo general, el maíz de polinización abierta se cultiva, según la latitud, partiendo los 1600 hasta los 3000 m. s. n. m., y a su vez al maíz híbrido se lo siembra en las regiones tropicales de América (Chim 2014). Estos mismos autores exponen que las variedades de maíz de polinización abierta se obtienen a través de las razas nativas, clasificándose en compuestas y sintéticas ya que son técnicas sencillas para desarrollar y mantener, la producción es simple y altamente económica, permitiendo que los pequeños agricultores almacenen su propia semilla para realizar los ciclos de siembra. En cuanto a la producción de semillas de polinización abierta solo interviene un solo progenitor en la fase de multiplicación de los materiales.

El eje para el mantenimiento de las variedades locales para maíz de polinización abierta en América Latina se fundamenta en los siguientes criterios:

1) Mediante formas especiales de consumo de variedades específicas. A través del uso de germoplasma nativo cambia en relación al país y a las necesidades de su desarrollo. En sí, la estrategia es la de identificar las diversas fuentes de germoplasma élite a través de la observación y evaluación de muestras de carácter autóctonas. (Oyarzun 2013)

2) Adaptación a específicos nichos ecológicos.

1.5.2 Maíz suave de polinización abierta en el Ecuador.

En el país existen 17 tipos de maíces suaves de polinización abierta ubicadas a lo largo de la Región interandina o Sierra en 3 grandes zonas:

1) En la zona Sur que compromete a las provincias de Azuay, Cañar y Loja y que a su vez se siembra variedades tipo Zhima, también se encuentra variedades tipo morocho blanco (Peñaherrera 2011) La distribución de las diversas variedades de maíz, están determinadas por el gusto o preferencia del agricultor, además se cultivan también según el gusto del consumidor, es necesario indicar que se destaca el maíz amiláceo el cual es consumido grandemente por la ciudadanía rural ya que su valor en nutrientes colabora con la economía de la agricultura campesina (INIAP 2015). En la actualidad, las variedades de maíz suave ya aclimatadas a condiciones específicas de altitud son ampliamente distribuidas en la Sierra ecuatoriana y se diferencian por la duración del proceso productivo en precoces o tardíos.

2) En la zona central correspondiendo a las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar y ahí es donde se generan maíces de grano blanco harinoso de los tipos Blanco Blandito y Cuzco Ecuatoriano.

3) En cuanto a la zona norte intervienen las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi y por lo general producen maíces amarillos harinosos como Caucho, Huandango, Mishca y Chillos.

E incluso, en varias zonas se cultivan todavía variedades nativas no mejoradas, estos factores provocan que la productividad de grano o choclo sea bajo lo que detiene la capacidad adquisitiva y a su vez restringe la aplicación de agro insumos e incluso la mecanización (Wingeyer 2015). Se puede observar en el Cuadro 1, los niveles de

producción de maíz suave en la Serranía ecuatoriana según último censo agrícola (INEC 2015)

Provincias	Grano seco			Choclo		
	Superficie cosechada ha	Producción t métricas	Rendimiento promedio t ha-1	Superficie cosechada ha	Producción t métricas	Rendimiento promedio t ha-1
Azuay	15.913	6.409	0.40	15.750	3.347	0.21
Bolívar	18.525	6.322	0.34	16.294	18.881	1.16
Cañar	1.189	725	0.61	1.203	233	0.19
Carchi	299	192	0.64	249	624	2.50
Cotopaxi	15.927	5.408	0.34	12.614	3.254	0.26
Chimboraz	4.864	1.691	0.35	7.668	9.296	1.21
Imbabura	2.936	1.558	0.53	1.604	3.799	2.37
Loja	4.629	4.28	0.93	4.615	4.693	1.02
Pichincha	2.12	1.156	0.34	2864	6.410	2.24
Tungurahua	203	69	0.82	5.48	20.563	3.75

Es interesante y necesario detallar que el maíz es parte fundamental de la agro biodiversidad de la economía de pequeños productores, especialmente en las zonas altas de la Serranía pues colabora absorbiendo los impactos negativos de los factores climáticos adversos, como caso notorio en las faldas de montañas donde las temperaturas durante la mañana y tarde son altas, las zonas presentan altos niveles de viento y reciben fuertes lluvias en ciertas épocas del año y a su vez sufren de sequías prolongadas en otras épocas. Los pequeños agricultores correspondientes a las zonas altas de la Sierra intercalan cultivos con el maíz en relación al piso climático donde se encuentren para así reducir el riesgo, por ejemplo, granos como el chocho (*Lupinus mutabilis* S), quínoa (*Chenopodium quínoa* W.), raíces y tubérculos como el melloco (*Ullucus tuberosus* C.) papa (*Solanum tuberosum*), y oca (*Oxalis tuberosa*). Pues estos cultivares a más de manifestarse como una propuesta para rotación de cultivos sirve para reducir el riesgo del monocultivo y representan importantes fuentes de carbohidratos.

1.5.3 Condiciones existentes del cultivo de maíz suave en la Sierra ecuatoriana.

A. Suelos de la Sierra ecuatoriana.

En cuanto a la distribución espacial de las diversas clases de suelos en el Ecuador corresponden directamente a los factores originarios de su formación, así como de los materiales parentales que iniciaron los suelos, pero vale indicar que esta distribución es netamente independiente a las regiones naturales en las que se encuentra fraccionado el país. Por lo tanto, la Sierra ecuatoriana posee tres regiones:

1) En la Sierra Sur la superficie es muy irregular y está formada por encima de depósitos correspondiente a granitos y a formaciones de tipo metamórficas al lado a depósitos coluviales, particularmente en todos estos suelos se cultivan maíces de polinización abierta con diversos ambientes y condiciones, por lo general en lotes pequeños. (INEC 2015)

2) Por la Sierra Central de la cual no se tienen aportes recientes de materiales volcánicos y que se ha establecido desde rocas metamórficas por lo cual se ha transformado en una variedad de suelos dependiendo de la altitud; en las zonas de mayor altitud se pueden distinguir Ultisoles, en las zonas medias Vertisoles y Molisoles y en la parte baja suelos con poco desarrollo como Entisoles y Inceptisoles. La Sierra central y la sur se han desarrollado de manera que han evolucionado de una diversidad de suelos no volcánicos, generalmente compuestos de arcillosas, distribuidas de forma aleatoria compuestos en su mayoría por complejos ferrosos y arcillas de tipo edáfica 2:1 como lo es la vermiculita y montmorillonita. El potencial de fertilidad de estos suelos varía según el tipo de arcilla dominante (Moreno 2016)

3) En la Sierra Norte que recientemente ha presentado aportes de lapilli y cenizas que han colaborado con la formación de suelos relacionados de ceniza volcánica clasificados como Andisoles, en consecuencia, los suelos de la Sierra Norte están compuestos por imogolita, alófana y la vez por complejos de humus-Al y se diferencian por ser suelos con una coloración negra, fertilidad media baja, de textura media, y poco ácidos, los cuales están ubicados geográficamente en los flancos internos y externos de las cordilleras de Los Andes.

B. Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra.

El momento para la siembra del maíz suave en la Sierra ecuatoriana va de acuerdo con la de la época de lluvias en la zona. En la Sierra Norte la época para sembrar maíz suave comienza en septiembre y continua hasta mediados de enero coincidiendo con periodos de lluvia de las zonas de producción (INIAP 2015) El ciclo del cultivo va desde 205 hasta 270 días (Cuadro 2), pero depende en razón de que si la cosecha se la hará en choclo o en grano seco. La diseminación de la semilla en el campo indica el espacio entre las plantas, esta condición posee una influencia en el desarrollo fenológico, la distribución del área foliar y también de la captación de luz para el cultivo, aspectos que son decisivos en cuanto a la producción de biomasa y del rendimiento de grano de relación a la potencialidad del rendimiento del cultivar en un ambiente específico (Espinosa 2015)

Variedad (días promedio)	Tipo	Duración ciclo (m s.n.m.)	Altitud	Zona
INIAP 101 Blanco harinoso	Precoz	205	2400-3000	Azuay y Cañar
INIAP 102	Tardía	270	2200-2800	Chimborazo
INIAP 111 Blanco harinoso	Tardía	270	2400-2800	Bolívar
INIAP 122 Amarillo harinoso	Semi precoz	225	2200-2800	Imbabura
INIAP 153 Blanco morocho	Tardía	250	2400-3000	Azuay y Cañar
INIAP 180 Amarillo duro	Tardía	260	2200-300	Varias
INIAP 192 Blanco harinoso	Precoz	240	2200-2800	Pichincha Tungurahua Chimborazo Bolívar

El sistema de siembra para los maíces de polinización abierta en la Sierra es en la mayoría, una técnica totalmente manual, como sucede en las variedades liberadas por el INIAP las cuales han sido creadas para siembra en áreas de pendiente. Las distancias para la siembra específicas para estos materiales van de 1 m entre hileras y 0,50 m entre golpes de siembra, esperando tener una densidad de siembra que debería estar alrededor de las 40.000 a 60.00 plantas ha-1 siempre y cuando germinen las 2 o 3 semillas sembradas a espeque, respectivamente (Peñaherrera 2011). Pero es importante indicar que cuando germinan las 2 o 3 semillas por golpe, las plantas compiten por nutrientes, suelo y luz, haciendo que crezcan en forma desuniforme.

Esto disminuye claramente el potencial de productividad de grano de estas variedades. Otra recomendación sobre densidad es lo que indica el INIAP que sembrando 0,90 x 0,25 m o 1 x 0,20 m se logran poblaciones como de 44.000 plantas ha⁻¹ (INIAP 2015). Esta manera de cultivar también hace cambios en la profundidad en cuanto a la colocación de las semillas en el suelo. Por lo general la siembra a diversas profundidades permite que las plantas emerjan de manera poco uniforme lo que afecta al rendimiento debido a la competencia entre las plantas y a su vez alarga en alguna forma el periodo vegetativo (Omara 2014)

En cuanto a los niveles de productividad del maíz no específicamente están unidos al nivel de sofisticación de los sistemas de producción, ósea, el manejo convencional y la siembra manual por parte de los productores de agricultura familiar tendrían una gran posibilidad de obtener altos rendimientos siempre y cuando el material genético usado esté adaptado a las condiciones de clima del sitio y también si los factores agronómicos como corresponde a la humedad disponible, el porcentaje en cuanto a la germinación, fertilización y a su vez características agronómicas de la variedad son dirigidas con más cuidado (Van Zwieten 2015). Estos datos finalmente ayudarían para obtener rendimientos similares al rendimiento máximo potencial del material genético aplicado.

1.5.4 Factores que afectan a los sistemas de producción del maíz.

A. Tratamiento del suelo y erosión.

El sistema de producción convencional de labores para preparación del suelo a la siembra del cultivo de maíz suave usados por productores de la Sierra ecuatoriana voltea el suelo para eliminar las malezas y su vez preparar los surcos para la siembra. Pero, la persistente remoción del terreno destruye los poros del suelo quitándole ventaja al movimiento del agua, gases y nutrientes y por último también oxida la materia orgánica (MO) y disminuye el contenido de carbono orgánico (CO). Todas las condiciones ya mencionadas degeneran el desarrollo fenológico y fenométrico saludable del cultivo pues, al contrario de lo que se cree, se reduce la obtención y el transporte del agua, aire y nutrientes, la exposición del suelo a la degradación, erosión, sequía, compactación, y otras condiciones de estrés (Van Zwieten 2015). En Ecuador no existe información publicada basada en los efectos sobre remoción de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pero en el campo abierto son claras las condiciones de la degradación ocasionadas por el constante movimiento del suelo para la siembra.

El incremento de la población rural ha presionado a que los agricultores usen tierras marginales para la producción, específicamente tierra con pendientes que están en las laderas de la Sierra. Incluyendo, también que, debido a la presión sobre la tierra, los terrenos se han ido fraccionando hasta el punto de crear una difícil red de minifundios donde el agro está limitado por difícil acceso de recursos y la mala ubicación de los terrenos para la siembra.

La división de los terrenos para cultivo deja en el campo lotes topográficamente irregulares ubicados a favor de la pendiente, lo cual genera la erosión edáfica. La muy poca disponibilidad de tierra para la agricultura fomenta el uso intenso y la aplicación de prácticas agrícolas que ayudan la pérdida del suelo. Eso es lo ocasionado por preparar el suelo en dirección a la pendiente ya sea con tractores o bueyes (Moreno 2016)

La técnica de mantener el suelo desnudo, sin protección vegetal sobre la superficie del mismo es una de las causas principales para que se provoque la erosión edáfica en estas zonas. Cuando el suelo está desprotegido sin vegetación e incluso sin rastrojo, las lluvias desprenden las macropartículas del suelo provocando una erosión acelerada. Las razones son muchas por las que los productores prefieran el suelo desnudo, entre las cuales es la utilización del rastrojo como material combustible o como alimento para ganado. La agricultura realizada en lotes pequeños y medianos es pobre por falta de recursos y tecnología. Lo cual hace que los cultivos crezcan cloróticos, poco uniformes y que no cubran bien el suelo. Sumando además la realización de surcos a favor de la pendiente hace que el problema se agrave (Parra 2014). La erosión es tal vez el problema de degeneración edáfica más grave del Ecuador pues afecta a más del 50% de los terrenos que son cultivados en la Sierra (Chim 2014).

Irónicamente, el riego que es tan necesario para la producción, contribuye eliminando el manto fértil del suelo, el cual es el principal sostén para la producción agrícola. En general muy pocos proyectos de riego incluyen las urgentes prácticas para conservación de suelos que harían eficientes y sostenibles la inversión en cuanto al riego (Bragachini 2012).

B. Fertilidad y fertilización incluidas en el sistema de producción en los suelos cultivados con maíz suave.

Las plantas toman del suelo solo los nutrientes que necesitan para su desarrollo y productividad, pero cuando estos nutrientes no son devueltos al suelo en la cosecha la fertilidad del mismo se agota rápidamente y los niveles de producción disminuyen significativamente. Para devolver los nutrientes tomados del suelo se pueden aplicar fuentes minerales y orgánicas. La forma básica para determinar la fertilidad de un terreno es a través de un análisis químico empleada como herramienta de diagnóstico, para los análisis es oportuno calibrarlos dependiendo el tipo de suelo y para el cultivo en el que se lo va a emplear (Espinosa 2014). En Ecuador no se ha dirigido las investigaciones necesarias para realizar los análisis según las variedades de maíz suave sembradas en la Sierra y esta escasa o nula información dificulta el manejo de nutrimentos en las variedades de polinización abierta.

La innovación en cuanto al manejo sustentable de nutrientes debe ser también tomado en consideración en cuanto a la incorporación de los abonos orgánicos, pues los abonos verdes usan el N₂ de la atmósfera incorporándolos en los tejidos de las leguminosas a través de la fijación biológica. Pero depende el tipo de leguminosa para que se puedan incorporar al suelo cantidades suficientes de N de forma útil para las plantas (Brassel 2008)

C. Posibles innovaciones o alternativas para el sistema de producción en el cultivo de maíz en la Sierra ecuatoriana.

En la actualidad el uso de variedades de polinización abierta en manos de los productores relacionados a la agricultura familiar permite cosechar rendimientos muy bajos de maíz seco o choclo. Pues el rendimiento promedio en cuanto a la producción de grano del año 2014 fue inferior a una t ha⁻¹ (INEC 2015), comprendiéndose que el nivel es más amplio y que deben existir rendimientos más altos en ciertos sitios. Es necesario pensar en técnicas de manejo que ayuden a incrementar la productividad modificando las densidades para la siembra, realizando prácticas de labranza que disminuyan o eliminen el movimiento del suelo y mejorar así la fertilidad del cultivo.

1. Alternativas al manejo de la densidad de siembra.

Como norma general, los productores de maíz suave aplican de 2 a 5 semillas por golpe logrando así densidades de 35 000 hasta 40 000 plantas ha⁻¹ (Berry 2011). Pero el colocar varias semillas en el mismo sitio hace que exista a futuro competencia por recursos entre las plantas germinadas, resultando que una sola planta crezca como debe ser, incluyendo que el desarrollo de las otras plantas sea limitado lo que rebaja notablemente la población real de plantas en el campo. Por ello el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) sugiere sembrar a 0,90 x 0,25 m o 1 x 0,20 m utilizando solo de 2 a 3 semillas por sitio logrando así poblaciones de alrededor de 44.000 a 50.000 plantas ha⁻¹ lo que permitirá obtener producciones de grano de 2,6 a 3,2 t ha⁻¹ (INIAP 2015). Considerando que el rendimiento de una determinada variedad de maíz se relaciona directamente con la radiación solar, la temperatura y también con la densidad de siembra (Wingeyer 2015), siendo esta última la que controla la tasa a la cual se desarrollan las hojas bajo una específica condición de radiación solar y a su vez de temperatura, es decir, así controla la intensidad de la fotosíntesis, es necesario analizar los cambios en cuanto a la densidad de siembra utilizada en maíz suave en la serranía ecuatoriana

El espacio entre las semillas indica la distribución de las plantas en el campo, afecta también la estructura y desarrollo de las plantas, la recepción de la luz solar y la eficacia en el uso de la radiación y esto conlleva a que exista una afectación de la acumulación de la biomasa y en el rendimiento de grano (Chim 2014). Con estas premisas en mente, originaron sus trabajos de investigación para determinar el efecto en relación de los diferentes espaciamientos entre hileras y plantas para poder obtener diversas densidades para la siembra con maíz híbrido cultivando manualmente y simulando lo que harían los productores sembrando áreas pequeñas de maíz. Se experimentaron niveles poblacionales de siembra de 1, 2 y 3 semillas por sitio con espacios entre plantas de 0,16, 0,32 y 0,48 m con 0,76 m como calle, lo que se describe en poblaciones vegetales de 80.000, 40.000 y 30.000 plantas ha⁻¹. Los rendimientos más óptimos se lograron con los espacios de 0,16 m con una sola semilla por sitio (11,3 t ha⁻¹), con el

espaciado de 0,32 m se obtuvo una menor productividad (6,5 t ha⁻¹). Se observó a la vez que en cuanto al rendimiento este disminuyó de 12 a 15% si se coloca más de una semilla por sitio. Por lo general, los mejores resultados en producción se lograron sembrando una semilla a distancia de 0,16 m entre plantas y a 0,77 m como calle.

Esto demuestra efectos positivos a los agricultores que producen choclo en razón de que el número de mazorcas en choclo fresco se incrementa con las densidades, pues con la densidad de 80.000 plantas ha⁻¹ se lograrían las respectivas mazorcas permitiendo que sea más rentable la producción.

Los estudios realizados en Ecuador indican que en los últimos años se reportan rendimientos de 5,2 y 7,4 t ha⁻¹ de grano de maíz suave en las provincias de Bolívar y Pichincha, utilizando 2 semillas por sitio en un nivel poblacional de siembra de 50.000 plantas ha⁻¹ con. (Carrión, 2012)

2. Alternativas al manejo del suelo.

El manejo de tipo convencional del suelo de los productores de maíz de la serranía ecuatoriana mueve demasiado al suelo y genera la degradación destruyendo su estructura y oxidando la MO.

La erosión limpia las capas superficiales del suelo y estas son las que poseen el mayor contenido de MO y de nutrimentos. Las capas del suelo que son expuestas a la superficie poseen bajo nivel de nutrientes y a su vez malas condiciones físicas. Por lo tanto, los cultivos en suelos erosionados presentan poco vigor y una baja productividad.

Por lo tanto, las técnicas para poder controlar la erosión no son imposibles y tampoco desconocidas de adoptar. Pero muchos son los productores que lo ven como una molestia pues obligan los lotes deben ser manejados de forma diferente a lo acostumbrado. Los objetivos presentes en la adopción de estas técnicas relacionadas a la conservación del suelo deben proteger a la superficie del mismo y de esta manera reducir el volumen y también la velocidad del agua de escorrentía sobre el campo (Espinosa 2014).

La mejor práctica de manejo que controla a la erosión de campo es la siembra directa, que se fundamenta en sembrar cultivos, pero sin remover al suelo

dejándolo sobre el campo con todos los residuos o rastrojos de la cosecha anterior (Van Zwieten 2015). La siembra directa es un sistema de manejo relacionado al suelo que se ejecuta en áreas extensas de América del Norte y en ciertas zonas de Argentina y Brasil con el uso de maquinaria agrícola lo cual ha demostrado que se puede generar altas productividades de forma sostenida sin remover al suelo (Wingeyer 2015).

Investigaciones dirigidas por el INIAP en las provincias de Bolívar y Pichincha, comprobaron que a través de la SD es factible no solamente obtener rendimientos de maíz de polinización abierta para una alta productividad sino también para conservar el suelo, demostraron además que se obtienen más rendimientos comparándolas con el tipo de siembra convencional (5,2 y 7,4 t ha⁻¹ de grano con SD en Bolívar y Pichincha, respectivamente) (Alvarado, 2011).

La universidad de Oklahoma realizó una investigación para mejorar la técnica a espeque utilizada para poder sembrar maíz por parte de los pequeños productores de América Central. Como resultado de esta investigación se fabricó el llamado sembrador de mano (hand planter) el cual es un dispositivo que coloca 1 sola semilla por sitio, lo cual asegura la uniformidad en la profundidad de la siembra además de la aplicación del fertilizante. Los rendimientos que se obtuvieron fueron superiores a 9,0 t ha⁻¹ con niveles poblaciones que variaron desde 60.000 a 90.000 plantas ha⁻¹. El dispositivo creado posee un diseño sencillo y a la vez accesible para los agricultores, está compuesto por un eje giratorio, tiene una punta con un hueco en el centro diseñado para romper y entrar en el suelo y así depositar una semilla ("Omara, 2014"). La uniformidad en la profundidad de siembra es muy importante para garantizar una población, pues la siembra muy profunda daña la uniformidad de la población, crea competencia entre las plantas y perjudica al rendimiento de grano (Márquez 2008).

1.6 Hipótesis

H (o) Existe deficiente información científico-técnica, investigaciones y estudios sobre la producción de maíz dulce en la serranía ecuatoriana y su afectación en cuanto a los factores adversos.

H(a) Existe suficiente información científico-técnica, investigaciones y estudios sobre la producción de maíz dulce en la serranía ecuatoriana y su afectación en cuanto a los factores adversos.

1.7 Metodología de la investigación

Este estudio denominado “El sistema de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos”, puede brindar un claro análisis no sistemático que se origina en la conciencia, también de tesis estudiantiles de pregrado de la región, de la experiencia y conocimientos del autor sobre la agricultura ecuatoriana, basándose específicamente en la investigación bibliográfica no experimental, y a la vez del trabajo empírico más actual sobre el manejo sustentable y amigable con el ambiente en cuanto al sistema de producción de maíz en región Interandina o Sierra del Ecuador.

El ordenamiento esquemático del contenido de esta investigación se lo realizó entre los meses de agosto y septiembre del año en curso. El método empleado se fundamentó en el análisis de respuestas de forma objetiva, lo cual colaboró en facilitar la extracción de respuestas en libros, blogs y publicaciones científicas en alto nivel. Con esta calidad de información se realizó la valía de la información, para de esta manera considerar el peso técnico, académico y científico de la misma y por lo consiguiente considerarla útil.

El material guía para la recolección de información científica que se usó fueron publicaciones de alto impacto regional e internacional (Q4, Scopus, Scielo, Latindex y Copernicus) por lo cual se consideró que estén dentro de los cinco a diez últimos años de ser publicadas y a la vez su procedencia, evitando así revistas en línea depredadoras. Para este documento técnico se consideró tomar medidas de orden específico para marcar un correcto formato sobre las citas bibliográficas, los cuales son:

1. Revisión de la literatura
2. Adopción de una perspectiva o enfoque teórico

3. Elaboración del documento.

CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Desarrollo del caso

El presente trabajo basado en el análisis técnico, de los sistemas de producción del maíz suave de polinización abierta en el Ecuador y sus factores adversos, el cual presenta una amplia relación para una agricultura amigable con el ambiente, será expuesto vía online ante el tribunal de profesionales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7 ½ vía Babahoyo – Montalvo.

El análisis de este trabajo bibliográfico se realizó basado netamente en las diferentes regiones productoras de maíz dulce en la serranía del Ecuador, el cual se encuentra situado en el noroeste de América del Sur, limitando al norte y nordeste con Colombia, al sudeste y sur con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. Su territorio continental se encuentra entre las coordenadas geográficas 1°28'N y 5°01'S de latitud y los 75°11' y 81°00'W de longitud, vale indicar que en la región Interandina o Sierra del Ecuador posee las condiciones agroclimáticas necesarias y específicas para desarrollar el cultivo de maíz dulce a nivel comercial.

2.2 Situaciones detectadas

De acuerdo a lo analizado se observó:

- Que los agricultores de maíz dulce de la serranía ecuatoriana, en su mayoría, aun aplican sistemas de producción no actualizados, en cuanto a: tipo de siembra, fertilización, uso de semillas genéticamente mejoradas, etc., lo que genera que no se aproveche el máximo rendimiento por unidad de superficie.
- Los productores de maíz suave aplican entre 2 a 5 semillas por golpe logrando así densidades muy altas en el momento de la germinación. Pero esto ha ocasionado que al colocar varias semillas en el mismo sitio hace que exista a futuro competencia por recursos entre las plantas germinadas, resultando que una sola planta crezca como debe ser, incluyendo que el desarrollo de las otras plantas sea limitado lo que rebaja notablemente la población real de plantas en el campo.

- El manejo de tipo convencional del suelo de los productores de maíz de la serranía ecuatoriana mueve demasiado al suelo y genera la degradación destruyendo su estructura y oxidando la MO.
- La técnica de mantener el suelo desnudo, sin protección vegetal sobre la superficie del mismo es una de las causas principales para que se provoque la erosión edáfica en zonas de la serranía ecuatoriana. Pues cuando el suelo está desprotegido sin vegetación e incluso sin rastrojo, las lluvias desprenden el micro partículas del suelo provocando una erosión acelerada. Las razones son muchas por las que los productores prefieran el suelo desnudo, entre las cuales es la utilización del rastrojo como material combustible o como alimento para ganado.
- En Ecuador no se ha dirigido las investigaciones necesarias para realizar los análisis según las variedades de maíz suave sembradas en la Sierra y esta escasa o nula información dificulta el manejo de nutrimentos en las variedades de polinización abierta.

2.3 Soluciones planteadas

Las situaciones aquí planteadas en este trabajo tipo tesina es dar posibles soluciones a los problemas detectados.

- Se deben realizar días de campo, charlas y motivar vínculos con la sociedad por parte de entidades académicas de tercer nivel en las zonas de la serranía donde se cultiven maíz dulce, para socializar conocimientos aptos que mejoren el manejo de los sistemas de producción.
- Organizaciones gubernamentales como el MAGAP o el Ministerio del Ambiente socialicen boletines técnicos en cuanto a la realización de labores culturales que no perjudiquen al ambiente.

- Realizar investigaciones como tesis de grado que tengan como objetivo analizar el potencial de rendimiento de las diferentes variedades de maíz dulce constantemente aplicadas.

2.4 Conclusiones

- Los terrenos de los productores dedicados a la agricultura familiar en la Sierra ecuatoriana en su mayoría se ubican en suelos que presentan topográficamente pendientes las cuales están propensas a erosionarse. A parte de la erosión, el persistente movimiento de terreno para las labores de siembra y a su vez para el control de malezas ha producido un desgaste al suelo y consecuencia de ello se ha originado el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas incluyendo la pérdida constante de carbono orgánico (CO).
- En cuanto a la producción del maíz suave de polinización abierta para grano seco y choclo es una alternativa muy interesante para los pequeños agricultores que los cultivan para el sustento y generación de ingresos a su economía. Vale indicar que las técnicas tradicionales usadas para la producción de maíz como lo es; la preparación del suelo y la siembra no permiten el desarrollo óptimo el cultivo y así se aproveche el potencial que el ambiente permite. El método tradicional de siembra que aplica de 3 a 4 semillas por sitio de siembra y a una distancia de 1 m entre hileras y 0,50 m entre golpes, no ayuda para alcanzar un nivel poblacional de plantas que permita usar la radiación solar en forma eficiente. Pues, solo una planta de todas de las que geminan en el sitio de siembra alcanza establecerse bien mientras que el resto quedan rezagadas debido a la competencia. Todo lo indicado reduce significativamente la finalidad de alcanzar un rendimiento adecuado por unidad de superficie.
- También se ha demostrado que se pueden obtener altas y uniformes poblaciones de maíz de polinización abierta utilizando cautelosamente el

espeque y ubicando 1 semilla por sitio a distancias que pueden cambiar de 0,7 a 0,8 m entre calles y de 0,18 a 0,25 m entre plantas para así obtener niveles poblacionales de siembra superiores a 60.000 plantas ha⁻¹. De esta manera, las plantas crecen adecuadamente pues así utilizan la luz de forma eficiente y acumulan rendimientos de grano adecuados.

- Existen trabajos ejecutados con pequeños productores de maíz en América Central que han ayudado desarrollar una sembradora manual la cual es un espeque tecnológicamente mejorado el cual permite ubicar 1 semilla a profundidad uniforme y así lograr poblaciones productivas espaciadas que se sirvan eficientemente de la radiación solar. Se debe analizar las posibilidades del uso de este sembrador con los pequeños productores de maíz de la serranía ecuatoriana.
- Por otra parte, es necesario disminuir o eliminar el movimiento del suelo para tareas de siembra y control mecánico de malezas a través de la siembra directa o también llamada "cero labranzas". Pues con la SD no se remueve al suelo, se deja acumular naturalmente los residuos de cosechas anteriores sobre la superficie del terreno y se ubica la semilla en el mismo sin moverlo aplicando el espeque. Esta es tal vez la técnica de manejo de suelo que tendría más impactos positivos a largo plazo en cuanto a la producción ya que ayuda a que los suelos se recuperen significativamente al mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
- La aplicación de métodos o técnicas que mejoran a la calidad del suelo como la SD, y que aumenten la densidad poblacional del cultivo distribuyendo a las plantas de forma uniforme en el campo, logran incrementos satisfactorios de productividad en grano y choclo que colaborarán positivamente en mejorar los resultados económicos en cuanto a las estrategias de producción dentro de la agricultura familiar.

2.5 Recomendaciones

En base a lo expuesto se recomienda:

1. Que las universidades como centros de educación superior realicen vínculos con la colectividad para socializar conocimientos técnicos y científicos que colaboren con el desarrollo agrícola del sector maicero.
2. Realizar días de campo que se relacionen con la importancia de las labores culturales agrícolas en el maíz dulce.
3. Ejecutar tesis de pregrado sobre manejo agrícola del cultivo de maíz dulce, basados en nuevos sistemas de siembra.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, S. J. (2011). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Quito-Ecuador: NIAP-IPNI.
- Berry, A. &. (2011). Los beneficios de la pequeña propiedad en el campo. Recuperado el Octubre de 2019, de <http://www.rebellion.org/noticias/2011/10/138180.pdf>.
- Bragachini, M. M. (2012). Impacto de la velocidad y la profundidad de siembra sobre uniformidad en la emergencia y distribución de plantas en maíz. Córdoba, Argentina.
- Brassel, F. Z. (2008). La Estructura agraria en el Ecuador: una aproximación a su problemática y tendencias. Quito, Ecuador: In F. Brassel, S. Herrera and M. Laforge, editors, Reforma Agraria en el Ecuador: viejos temas nuevos argumentos. SIPAE p. 17-32.
- Carrión, D. &. (2012). Ecuador rural del Siglo XXI: Soberanía alimentaria, inversión pública y política agraria. Quito, Ecuador: Instituto de Estudios Ecuatorianos.
- Chim, B. O. (2014). Effect of seed distribution and population on maize (*Zea mays* L.) grain yield. *International Journal of Agriculture*, 1-8.
- Espinosa, J. (2014). La erosión en Ecuador, un problema sin resolver. *Siembra*, 2, 56-70.
- INEC. (2015). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Quito, Ecuador.: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INIAP. (2015). Informe de actividades del Programa de Maíz. Programa de Maíz - Estación Experimental. Quito-Ecuador.
- J. Espinosa, J. M. (Diciembre de 2015). OSU green seeder planter. Recuperado el Octubre de 2019, de http://nue.okstate.edu/Hand_Planter.htm.
- Márquez Sánchez, F. (2008). De las variedades criollas de maíz (*zea mays*) a los híbridos transgénicos:I. Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 5(2), 151-166.
- Moreno, J. Y. (2016). Soils from the ecuadorian. Netherlands: J. Espinosa, J. Moreno and G. Bernal.
- Omara, P. K. (2014). Hand planter for maize (*Zea mays* L) in the develping world. *Journal of Plant Nutrition*, 368, 12-24.
- Oyarzun, P. B. (2013). Making sense of agrobiodiversity, diet, and intensification of smallholder family farming in the highland Andes of Ecuador. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(6), 515-541.

- Parra, R. Q. (2014). Los abonos verdes. Quito-Ecuador: INIAP.
- Peñaherrera, D. (2011). Módulo IV: Manejo integrado del cultivo de maíz suave. Módulos de capacitación para capacitadores. Quito, Ecuador: INIAP.
- Van Zwieten, L. R. (2015). Enhanced biological N₂ fixation and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in an acid soil following biochar addition: dissection of causal mechanisms. *Plant and Soil*, 395, 7-20.
- Vásquez, L. &. (2016). Ecuador: su realidad. Quito.
- Wingeyer, A. A.-B. (2015). Soil quality impacts of current South American agricultural practices. *Sustainability*, 7, 2213-2242.