



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE IBARRA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

**“EVALUACIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO EN LA HACIENDA CALERA -
IANCEM PARA DETERMINAR MEDIDAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN.”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS
AMBIENTALES Y ECODESARROLLO**

Línea de investigación: línea 2: Ambiente y Biodiversidad

Código 2.2 Impactos Ambientales

AUTOR:

JOELY STEFANIA MOLINA BRAVO

ASESOR:

MGS. DIEGO LEOPOLDO MEJIA ROMO

IBARRA - ENERO 2018



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Ibarra, 19 de enero 2018

MSC. DIEGO LEOPOLDO MEJÍA ROMO

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)

MGS. DIEGO LEOPOLDO MEJÍA ROMO

C.C: 1001912961




PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

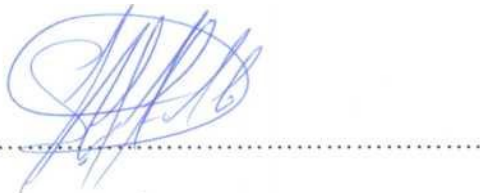
MGS. DIEGO LEOPOLDO MEJÍA ROMO

C.C: 1001912961

(f): 

MGS. PAOLA CHAVEZ

C.C: 1002744090

(f): 

MSC. HÉCTOR FUERTES

C.C: 1001976693



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Joely Stefanía Molina Bravo declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 19 de enero de 2018

(f): 

JOELY STEFANIA MOLINA BRAVO

C.C: 1003935069



AUTORIA

Yo Joely Stefanía Molina Bravo, portador de la cédula de ciudadanía N°1003935069, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

JOELY STEFANIA MOLINA BRAVO

C.C: 1003935069



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a mis padres, que me han brindado el apoyo y la fuerza necesaria para terminar la carrera y realizar esta investigación la cual me dará el título de Ing. En Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo el cual con mucho esfuerzo y dedicación va especialmente para ellos.



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a mis padres que estuvieron guiándome y apoyando en el proceso de la elaboración de la presente investigación, día a día dándome ganas de seguir avanzando como profesional.

A mis profesores que me orientaron a la decisión de realizar el presente trabajo de investigación, con los conocimientos que me supieron enseñar en el transcurso de la carrera.

A mi novio que estuvo apoyándome desde el inicio de la elaboración de esta investigación, acompañándome en los recorridos y en el desarrollo del mismo, agradezco haber contado con la ayuda de las personas más importantes en mi vida que me motivo a terminar de la mejor manera la presente etapa que es la Universidad.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Joely Stefanía Molina Bravo con CC: 1003935069, autor del trabajo de grado intitulado: “Evaluación de la salinidad del suelo en la hacienda Calera (IANCEM) para determinar medidas de manejo y conservación.”, previo a la obtención del título profesional de Ing. En Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 19 ENERO 2018

Joely Stefania Molina Bravo

C.C. 1003935069

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	1
2.ABSTRACT.....	2
3.INTRODUCCIÓN	3
3.1 OBJETIVOS.....	7
3.1.1 Objetivo General	7
3.1.2 Objetivos Específicos	7
4. ESTADO DEL ARTE	8
4.1 LINEA BASE.....	8
4.1.1 Diagnóstico Ambiental de los Factores Físicos.....	8
Geología.....	8
Geomorfología	10
Suelos.....	10
Uso actual y potencial.....	11
Hidrología	12
4.1.2 Diagnóstico Ambiental de Factores Bióticos	13
Área de estudio	13
Flora	14
Especies cultivadas	15
4.2 El Suelo.....	15
4.2.1 Partículas Del Suelo.....	17
4.3 Importancia de los Elementos del Suelo.....	18
4.4 Salinidad del Suelo	19
4.4.1 Salinización Secundaria del Suelo	20
4.5 Formas en que se Encuentran las Sales en el Suelo.....	20
4.5.1 Efecto de las Sales en las Propiedades del Suelo.....	20

4.5.2 Consecuencias de la Salinidad del Suelo	21
4.6 Efectos de la Salinidad en los Cultivos.....	22
4.7 Factores que Favorecen el Proceso de Salinización de los Suelos	23
4.8 Importancia y Difusión de los Suelos Salinos y su Relación con el Riego	25
4.8.1 Riego.....	26
4.9 Conductividad Eléctrica de los Suelos.....	27
4.9.1 La Conductividad Eléctrica en el Desarrollo de los Cultivo.	27
4.9.2 Influencia en los Cultivos	28
4.10 El Conductímetro.....	29
4.11 Suelo y su Relación con la Conductividad Eléctrica	30
4.11.1 Textura del Suelo en Conductividad Eléctrica	31
4.11.2 Factores Abioticos que Intervienen en la Conductividad Eléctrica de los Suelos.....	31
5. Materiales y Métodos.....	35
5.3 MÉTODOS	39
5.3.1 Método de Disolución	39
5.3.2 Método Cartográfico ArcGis.....	40
5.4 INSTRUMENTOS.....	41
5.4.1 GPS.....	41
5.4.2 Conductímetro	41
5.4.3 Mapas Cartográficos.....	42
5.5 PROCEDIMIENTO	42
5.5.1 Fase de Campo	42
5.5.1.1 Delimitación del Área.....	42
5.5.1.2 Toma de Muestras de Suelo y Agua de los Lotes de la Hacienda:	44
5.5.2 Fase de Laboratorio	44
5.5.2.1 Análisis de Conductividad Eléctrica en Laboratorio (Muestra Suelo)	44

5.5.2.2 Análisis de Conductividad Eléctrica en Laboratorio (Muestra Agua).....	45
5.5.3. Fase de Software ArcGis	46
5.6 MEDIOS DE COMPARACIÓN.....	46
5.7 Medidas de Manejo y Conservación.....	49
5.7.1 LIXIVIACIÓN	51
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
6.2 Mapas de Salinidad.....	53
6.2 Discusión	83
6.3 Propuesta de Manejo de Suelos Salinos	85
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
7.1 Conclusiones	93
7.2 Recomendaciones	94
8. Fuentes Bibliográficas	95
9. Anexos.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Área de Estudio.....	36
Figura 2 Sistema de Riego por Goteo.....	37
Figura 3 Sistema de Riego por Aspersión.....	38
Figura 4 Sistemas de Riego.....	48
Figura 5 Mapa de Salinidad Lote A.....	55
Figura 6 Mapa de Salinidad Lote B.....	57
Figura 7 Mapa de Salinidad Lote C.....	59
Figura 8 Mapa de Salinidad Lote D.....	62
Figura 9 Mapa de Salinidad Lote E.....	64
Figura 10 Mapa de Salinidad Lote F.....	67
Figura 11 Mapa de Salinidad Lote G.....	70
Figura 12 Mapa de Salinidad Lote H.....	73
Figura 13 Mapa de Salinidad Lote I.....	76
Figura 14 Mapa de Salinidad Lote J.....	79
Figura 15 Mapa de Salinidad Sistema de Riego por Goteo.....	80
Figura 16 Mapa de Salinidad Sistema de Riego por Aspersión.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la Salinidad.....	28
Tabla 2 Tolerancia de los Cultivos a la Salinidad, Expresada en % de Rendimiento.....	29
Tabla 5 Lotes por Hectáreas.....	43
Tabla 6 Lotes por Hectáreas.....	43
Tabla 7 Conductividad Eléctrica Expresada en dS por metro.....	47
Tabla 8 Clasificación de la Salinidad.....	49
Tabla 9 Comparación de los Lotes por su Sistema de Riego Según su Superficie.....	82
Tabla 10 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote A.....	87
Tabla 11 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote B.....	87
Tabla 12 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote C.....	88
Tabla 13 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote D.....	88
Tabla 14 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote F.....	89
Tabla 15 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote G.....	89
Tabla 16 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote H.....	90
Tabla 17 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote I.....	90
Tabla 18 Porcentaje de Aumento de Agua de Riego Lote J.....	91

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente trabajo se realizó con el fin de analizar la salinidad del suelo de la hacienda “Calera” perteneciente al Ingenio Azucarero del Norte, la hacienda tiene dos sistemas de riego, denominados como sistema de riego por goteo y sistema de riego por aspersión. La importancia del estudio de salinidad del suelo viene referente a que puede influir en una de las consecuencias más importantes que es la pérdida de fertilidad del suelo, lo que perjudica o imposibilita el cultivo agrícola.

Para dar inicio al presente estudio se procedió a la geo referenciación de todo el sector donde se realizó la investigación, en el cual se delimitaron los terrenos y se procedió a establecer los puntos a muestreo en cada uno de estos, para poder realizar la recolección del suelo.

El análisis de la Conductividad Eléctrica se refiere a la cantidad de sales presentes en el suelo, la salinidad fue estimada mediante análisis de laboratorio por medición de conductividad eléctrica, utilizando el conductímetro, el cual nos dio un resultado automático de conductividad eléctrica en unidades de dS/m, en base al análisis los lotes de la hacienda “Calera” se lo comparo con los rangos establecidos según la USDA que cuenta con un departamento denominado U.S. Salinity Laboratory (Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos) donde se obtuvo como resultado que los lotes del sistema de riego por goteo que son; A,B,C,D,E y F se encuentran en el rango en su mayoría de 0,6 a 1,2 dS/m lo que indica que encuentra en estado Salino, y los lotes del sistema de riego por aspersión que son F,G,H,I y J se encuentran en el rango 1,2 a 2,4 dS/m indicando que los terrenos se encuentran en estado Muy Salino, diferenciados por el sistema de riego que cada lote presenta.

El uso del Sistema de Información Geográfica-SIG y otras opciones tecnológicas permitieron hacer disponible en manera digital varios mapas cartográficos con los diferentes porcentajes de salinidad logrando así elaborar la propuesta de Lixiviación, la cual se basa en el aumento de agua de riego para mejorar y controlar la salinidad del suelo.

Palabras Clave: Salinidad, Suelo, Cartografías, Conductividad Eléctrica

2. ABSTRACT

The present work has the purpose of the study of the salinity of the soil of the farm "Calera" from the Sugar Mill of the North, located in two sectors, which are the drip irrigation system and sprinkler irrigation system. The importance of the study of salinity refers to one of the most important consequences that is the loss of fertility, which harms or precludes agricultural cultivation, which is necessary to know because these sectors are established for the specific cultivation of cane.

To start the present study, we proceeded to the georeferencing of the entire sector where the research will be conducted, in which the properties were delimited and the sampling points were established in each one of these, in order to perform the soil collection

The analysis of the Electrical Conductivity refers to the amount of salts present in the soil, the salinity was estimated by laboratory analysis by measurement of electrical conductivity, using the conductivity meter, which gave us an automatic result of electrical conductivity in units of dS / m , based on the analysis the lots of the hacienda "Calera" were within the ranges established by the USDA that has a department called US. Salinity Laboratory (Salinity Laboratory of the United States) where it was obtained that the batches of the drip irrigation system are; A, B, C, D, E and F are in the range of mostly 0.6 to 1.2 dS / m which indicates that it is in the Saline state, and the batches of the sprinkler irrigation system that are F, G, H, I and J are in the range 1.2 to 2.4 dS / m indicating that the land is in a very saline state, differentiated by the irrigation system that each lot presents.

The use of the Geographic Information System-GIS and other technological options allowed to make digitally available several cartographic maps with the different percentages of salinity thus achieving the proposal of increasing irrigation water to improve salinity

Keywords: Salinity, Soil, Cartography, Electrical Conductivity

3. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas clásicos de degradación de la tierra que ha tenido que enfrentar el hombre, ha sido el de controlar, prevenir y mejorar los suelos por la salinidad. En las regiones áridas, semi áridas y estepas, donde la evaporación es mayor que las precipitaciones, se ubican las regiones más afectadas por sales (Orsag, 2010).

Según Villafañe (1997) las extensas áreas de suelo con salinidad en el mundo, en los últimos años se ha incrementado considerablemente en extensos territorios, debido fundamentalmente a los efectos del regadío, donde para garantizar el suministro de agua y tener agricultura, se ha implantado el riego sin haber previsto la instalación de sistemas de drenaje, lo que conlleva a la salinidad de los suelos, por la ascensión de las sales que se encuentran por debajo de la superficie intensificado por las particularidades climáticas aumentando la concentración en el suelo.

El estudio radica en realizar un análisis de la salinidad del suelo en los dos sectores de la hacienda Calera, en el Ingenio Azucarero del Norte (IANCEM) en el cual se evidencian en mapas cartográficos los sectores con mayor salinidad que perjudican a la producción.

En la investigación se desarrollan aspectos teóricos que permiten ampliar el conocimiento de conceptos y teorías relacionadas al tema, facilitando el entendimiento del lector y enriqueciendo el conocimiento general.

Para la ejecución del plan de tesis se realiza una investigación que tiene como principal objetivo el análisis de la salinidad del suelo por medio de toma de muestras y análisis de laboratorio, para recaudar información específica de las zonas a ser estudiadas analizando los posibles problemas causados para dar una solución a los mismos.

Para dar solución al problema una vez obtenidos los mapas cartográficos y el análisis de salinidad se establecerán medidas de manejo y conservación que permitan obtener una mejor producción y desarrollo de los cultivos mejorándose la condición del suelo.

El ingenio azucarero del Norte cuenta con las haciendas Calera y Tababuela, ubicada en la parroquia Salinas y parroquia Ibarra respectivamente, provincia de Imbabura. Los terrenos donde se realiza los cultivos de caña de azúcar han formado parte de la empresa IANCEM por muchos años, la empresa en su afán de crecimiento ha tenido la oportunidad de adquirir esos terrenos tomando en cuenta la cercanía de los mismos a la planta de elaboración de azúcar y la vocación de los suelo para el cultivo de caña (Ingenio Azucarero del Norte, 2017).

El Ingenio Azucarero del Norte (2017) es una empresa pionera del norte del país ubicada en la provincia de Imbabura, esta empresa durante más de 45 años se ha dedicado a la producción y comercialización de productos derivados de la caña de azúcar, siendo su principal producto el azúcar, durante todo este tiempo y para lograr este objetivo, el Ingenio Azucarero se ha ampliado con la instalación de nueva y moderna tecnología de riego y a la vez se han implementado varios procesos que le permiten obtener un producto final de calidad, estos procesos alteran a la producción y por ende al suelo y agua del sector ya que no están controlados ni monitoreados, esto ha llevado a obtener información tardía e inconsistente y a generar un inadecuado control de los parámetros de los procesos de producción, dificultando la toma de decisiones y el mal funcionamiento de la maquinaria.

La degradación de los suelos o la pérdida parcial o total de la capacidad productiva, tanto para la utilización presente y futura se debe principalmente a procesos de erosión, sedimentación, anegamiento, salinización, contaminación química, uso elevado de fertilizantes y uso inadecuado del recurso que conlleva a la desertificación en relación al tema, señala que 900 millones de humanos están afectados por la desertificación y sufren hambre (FAO, 2010).

El excesivo uso agrícola del suelo, la erosión eólica e hídrica, las prácticas agrícolas inadecuadas, etc., están poniendo en peligro el medio ecológico y la supervivencia campesina en el área. Sin embargo, los suelos del Valle del Chota son de excelente fertilidad; aptos para una gran variedad de cultivos (Menéndez, 2012).

Según Fernández (2013) Uno de problemas existentes debido a la salinidad en los suelos de producción en las haciendas de IANCEM, es el estrés hídrico que presentan los cultivos, esto es debido a que en algunos sectores de producción el suelo presenta altos contenidos de

salinidad, se refleja debido a que la planta no puede extraer agua del suelo al presentar la disolución del suelo una alta concentración de sales., La piel de la raíz actúa como una membrana semipermeable que en condiciones normales deja entrar el agua del suelo, pero en los suelos salinos no ocurre así, sino la mayoría de veces ocurre el efecto contrario, como consecuencia gran parte del agua de un suelo salino no es absorbible por las plantas, lo cual disminuye la eficiencia en la producción.

El problema de la salinidad del suelo en IANCEM, se ve reflejada en el balance energético de producción el cual se puede observar en los cultivos de caña los cuales van disminuyendo considerablemente su altura, esto es debido a que al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, se ven obligadas a una adaptación osmótica de sus células para poder seguir absorbiendo agua, adaptación que requiere un consumo de energía que se hace a costa de un menor crecimiento en la planta (Ruiz F. , 2010).

Con las salidas de campo realizadas en la investigación el mayor problema que se puede diferenciar por salinidad en la producción de cultivo en estos sectores fue la Nutrición de los cultivos lo cual es fácil de observar tomando en cuenta una serie de importantes modificaciones, como es la variación de pH esta afecta a la disponibilidad de los nutrientes del mismo modo afecta a las interacciones ocasionadas por la presencia de determinados elementos.

El suelo es uno de los más importantes recursos renovables de los cuales depende la agricultura, junto con el agua es la base para producir los alimentos y para muchos es un organismo vivo. El problema de la pérdida, erosión y agotamiento del suelo es una realidad que se relaciona con la forma en que la agricultura moderna o convencional percibe al suelo, un medio de producción cuya función y limitación es la de sostener las raíces de la planta y que para un óptimo desarrollo productivo se deben manejar aportes nutricionales sintéticos y mecanización para la preparación del suelo y en lo posible para el manejo agronómico del cultivo (Albaladejo, 1990).

Existe un proceso de deterioro de tierras de uso actual o uso potencial agrícola, los suelos aptos para la producción constituyen una pequeña fracción de la tierra global. Según el

Consejo Federal Agropecuario (SAGyP, C. F. A. , 1995) Alrededor del 70% del suelo a nivel mundial se ve afectado en algún grado por la pérdida de fertilidad debido a la salinidad del suelo y requieren medidas de mejora urgentes. El 11% del suelo del mundo es apto para el uso agrícola ya que no presenta seria limitaciones de sequía que afecta a más de 28% de los suelos, problemas químicos de carácter de retención mineral que afecta el 23% de los suelos, la escasa capa arable y profundidad que afecta al 22%, exceso de agua al 10% y heladas al 6%. Todas estas tierras estas sometidas a presiones por incrementar la productividad y expuestas al fuerte deterioro que puede conllevar a la pérdida irreversible del recurso, es por esto la importancia del presente trabajo de investigación.

Anualmente, la agricultura convencional provoca daños sistemáticos al suelo por desplazamiento de materiales, compactación, acumulación de sales o simplemente por pérdida de suelo con fenómenos ambientales como la acción del viento y la lluvia. La inexistencia de prácticas para la conservación y la regeneración del suelo en la hacienda Calera en IANCEM, son urgentes de ser investigadas, comprobadas y comunicadas a los agricultores (Erick Chicaiza, 2015).

Una vez identificados los problemas ambientales causados al suelo por las técnicas agrícolas que presentan en el sector de la hacienda “Calera” en IANCEM, uno de los objetivos de realizar este trabajo es identificar y aplicar las cartografías y SIG, en el estudio de la salinidad del suelo que presentan los diferentes sectores estudiados.

Siempre que los suelos posean problemas de salinidad, en la zona radicular de las plantas, es restringido o totalmente imposible su crecimiento y desarrollo. Sin embargo es posible obtener aceptable productividad en suelos afectados por sales, si el problema es correctamente diagnosticado, manejado y mejorados los mismos, sobre la base del conocimiento y magnitud del problema (Allison, 1990).

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 OBJETIVO GENERAL

1. Evaluar la salinidad del suelo debido a la aplicación de las tecnologías de riego, por medio de representación en cartografías para determinar medidas de manejo y conservación en la hacienda “Calera”.

3.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar el estudio de agua y suelo para estimar la conductividad eléctrica en el sector por medio de análisis de laboratorio.
2. Diseñar cartografías a través de georeferenciación que permitan identificar los sitios con mayor salinidad en la hacienda “Calera”, con la utilización del software ArcGIS.
3. Establecer una propuesta de manejo y conservación para reducir la salinidad ocasionada al suelo en la hacienda “Calera”.
4. Socializar los resultados de la investigación, mediante un día de campo con los sectores involucrados en el tema para exponer la importancia del estudio realizado.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 LINEA BASE

La línea base, de las condiciones del suelo del sector se tomó en cuenta por parte del estudio de Impacto Ambiental realizado en Iancem por medio de la consultora (BIOSFERA CIA. LTDA., 2014 - 2016) de los cuales se tomaron los aspectos necesarios para el desarrollo de la investigación.

4.1.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LOS FACTORES FÍSICOS

4.1.1.1 GEOLOGÍA

La región Sierra, durante en el cenozoico tiene una actividad volcánica casi permanente, mostrándose intensamente en la Cordillera Occidental, como en el valle interandino. Se debe anotar, además que en la Cordillera Oriental también se muestra actividad volcánica importante, especialmente en las formaciones Pisayambo en el Cantón Imbabura.

A partir del Mioceno inferior, la cordillera Oriental empieza a sobreponerse en las primeras rocas conglomeráticas. Se destaca una actividad volcánica acompañada, con la sedimentación continental y se establecen cuencas intramontañosas, constituidas en su mayoría por fallas descolgantes. Estas cuencas a pesar de tener distintas características tectónicas, sedimentarias y cronológicas, se muestran en el sector norte en el valle interandino, representado por la Cuenca del Chota. Todas formadas en este periodo, y constituidas por productos volcánicos sedimentados.

En el Cuaternario, prosigue la actividad magmática en la región permitiendo la formación de los grandes edificios volcánicos, actualmente atractivos turísticos del Ecuador. Además, continúa durante este periodo la sedimentación continental de las cuencas.

La lito-estratigrafía del área de estudio se limita a cuatro formaciones aflorantes.

Particularmente, en el área de influencia del proyecto, se observan únicamente las terrazas aluviales cuaternarias del acarreo del río Chota y subyacente a éstas, en los entornos del sitio del proyecto, los depósitos sedimentarios continentales de la formación Nabón y Quillollaco.

Mioceno/Plioceno – Formación Nabón y Quillollaco (MPI Q)

Es una formación que se encuentra ampliamente distribuida en las inmediaciones del Ingenio. Se trata de una potente serie comprendiendo arcillas, tobas areniscas y conglomerados.

Cuaternario – Terrazas aluviales (QA)

Ubicado principalmente en las orillas del río Chota, conformadas principalmente por suelos arenosos de grano grueso con intercalaciones de rocas de diámetro variado, acarreadas por el curso del río. Su extensión hacia los lados de las márgenes delimita el avance que ha tenido el río en el cuaternario.

Mioceno/Plioceno – Volcánicos Pisayambo (MPI P)

Ubicados tanto al norte como al sur del área de influencia del ingenio, a distancias aproximadas de entre 2 y 4 km. Son de origen volcánico y se caracterizan por estar compuestas por andesitas, riolitas y piroclastos.

Cuaternario – Volcánicos Cotopaxi (Q D)

Son de origen volcánico reciente y se ubican en la parte occidental del Ingenio, se caracterizan por piroclastos, lahares y flujos de lavas.

4.1.1.2 GEOMORFOLOGÍA

En el área de estudio se identificaron dos unidades fisiográficas muy bien definidas:

Valles Interandinos

Caracterizados por las terrazas aluviales que han ido aplanando el relieve que se encuentra en los lados de las orillas del río Chota. Los suelos de esta clase de relieve se caracterizan por ser tipo Entisoles.

Vertientes Irregulares

Propias de zonas de pie de monte, que denotan un cambio de altura en las estribaciones de los valles andinos. Se estructuran por la escorrentía que originan las estribaciones de las elevaciones de cordillera. La clasificación del suelo de este relieve es del tipo Mollisol.

4.1.1.3 SUELOS

Descripción de Suelos

Esta región es una llanura de los Andes, se encuentra a 1600 msnm. Posee temperaturas entre 18 a 25 grados centígrados en promedio, pudiendo ser mayores en el día y menores en la noche. Tiene muy baja precipitación anual. Sobre sus pendientes se observa una gran cantidad de estepa espinosa con algunas acacias y cactus. Antiguamente se cultivaba algodón y coca desde tiempos precolombinos, incluso los españoles intentaron cultivar uvas y olivas en esta zona. En el siglo XVIII, se desarrolló el cultivo de caña de azúcar.

La gente se ha refugiado sobre las áridas terrazas, dejando los terrenos del fondo del valle para el cultivo de la caña de azúcar, tabaco, papaya y algodón. Desde hace algunos años existen cultivos de tomate y fréjol, el desarrollo de la fruticultura es visible actualmente.

Son suelos ubicados en la región norte de la sierra y se encuentra dentro de la sección valles, hoyas y cuencas (sub división de suelos de la sierra norte) que se caracteriza por ser suelos formados a partir de materiales coluvio-aluviales de diferente granulometría (textura media a gruesa) producto de la sedimentación de la coladas de material de arrastre. Suelos de baja a mediana fertilidad.

Suelos formados por diferentes aportes sedimentarios con presencia de grava y piedra, textura arenosa o limo arenosa, pH neutro y presencia de carbonatos, en otras áreas presentan pH ligeramente ácido con una gran cantidad de presencia de sales. Corresponden al orden de los entisoles en su mayor parte y en menor proporción presentan mollisoles.

Son suelos de muy poca evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogénicos. Hay muchas razones por las cuales no se han formado los horizontes, en muchas partes el tiempo de desarrollo ha sido muy corto, otros están sobre fuertes pendientes, sujetos a erosión y otros están sobre planicies de inundación. Pero no todos los entisoles son suelos jóvenes, hay algunos que se han formado sobre materiales muy antiguos pero contienen arenas de cuarzo y otros minerales muy pobres que forman horizontes con lentitud.

4.1.1.4 USO ACTUAL Y POTENCIAL

Actualmente está cubierto por cultivos de caña de azúcar en grandes extensiones, a su alrededor se observa claramente vegetación arbustiva y cultivos de ciclo corto como son pimiento, ají, fréjol, yuca, pepinos, papayas, ovos, aguacates, morocho, camote.

En cuanto a vegetación se observa ciertas leguminosas, coquitos, retamas, musgos, cactus, ficus, falsa quinoa, chilca, higuera, casuarinas, hoja salinera. En cuanto a flores se observa buganvillas, planta camarón y chinchin.

Entre las aptitudes de estos suelos se observa que son aptos para cultivos de pasto artificial, son zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos. Limitaciones importantes de profundidad, textura, clima y pendiente.

También es apta para la forestación y reforestación con similares limitantes. Y para mantenimiento de cobertura vegetal. La pendiente es muy variable, va desde (0 – 5%) plano o casi plano, pudiendo llegar en algunas áreas hasta el (70%) montañoso alrededor de la zona. En su mayoría se observan pendientes entre 20 –25%.

4.1.1.5 HIDROLOGÍA

Los principales cuerpos hídricos ubicados dentro del área de influencia del proyecto, son el río Chota y el río Ambi, los dos pertenecientes a la cuenca hidrográfica del río Mira.

La cuenca del río Mira constituye la esquina noroeste del Ecuador. El área de la cuenca incluida en Ecuador es de aproximadamente 7 100 km², de los cuales el 59 por ciento participa de las características más o menos comunes de la parte septentrional de la estructura andina ecuatoriana; el 41 por ciento restante forma parte de las vertientes occidentales.

El principal afluente de la cuenca del Mira es el río Chota, que corre en dirección esteoeste y al cual convergen por el sur los ríos Mataquí al este y el Ambi al oeste. El Mataquí posee una cuenca muy accidentada, lo que hace que sean áreas con poco desarrollo.

El río Ambí forma un gigantesco arco que rodea por el oeste al cerro Imbabura. Por el norte afluyen al río Chota los ríos Apaqui y El Ángel. El primero de éstos cubre la esquina nororiental de la cuenca; corre en dirección general sudoeste disectando una planicie ondulada que se corta exactamente en el extremo sur. El río Ángel, que ocupa el extremo noroccidental de la zona interandina tiene una cuenca alargada y muy accidentada formada por una sucesión de cuchillas y profundos cañones.

En general, a causa del régimen hidrológico con fuertes crecientes y altas precipitaciones en la transición de las zonas altas a las bajas; además, por desnivel que tienen que salvar los cauces y la cuenca del Mira, se tiene un importante potencial hidroeléctrico, el cual si se quiere llegar a explotar, debe ser cuidadosamente coordinado con el uso del agua para agricultura.

La cuenca hidrográfica del río Mira, corresponde a regiones altamente productivas y con importantes asentamientos humanos; sin embargo, las grandes diferencias sociales y la falta de un ordenamiento territorial armónico y de políticas y planes para el manejo ambiental de esta cuenca, está contribuyendo a su deterioro, con particular impacto sobre las corrientes del río Chota.

De manera general, la calidad física del agua superficial del río Chota, se encuentra alterada por la presencia de material en suspensión que enturbia el agua y proporciona a las bacterias patógenas una cubierta protectora que disminuye su tasa de mortalidad.

4.1.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE FACTORES BIÓTICOS

- ÁREA DE ESTUDIO

La hacienda “Calera” se ubica en las parroquias de Salinas y parroquia Ibarra respectivamente, del cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

Dentro del área de estudio, se identifican 2 zonas de vida o formaciones vegetales. Esto de acuerdo a sus características climáticas y composición florística y tomando en cuenta los parámetros establecidos en el Libro de Plantas Vasculares del Ecuador. Los dos tipos principales de formaciones vegetales corresponden, el primero a los Pastizales y vegetación de quebrada del norte del Ecuador y el segundo a la vegetación de Áreas desérticas y semidesérticas interandinas.

El primer tipo de vegetación (Pastizales y vegetación de quebrada del norte del Ecuador, o Bosque Seco Montano Bajo), se encuentra en los valles interandinos densamente poblados, donde la vegetación original ha sido casi totalmente destruida durante los últimos siglos y reemplazada por campos dedicados a la agricultura y a pastizales.

En este caso al cultivo de caña de azúcar y procesos industriales tales como la avicultura. Los remanentes de la vegetación original se encuentran solo en las quebradas profundas y en los bordes de los campos agrícolas. Estos residuos están compuestos principalmente de arbustos y árboles pequeños, frecuentemente con espinosos, tales como *Barnadesia arborea*, *Mimosa quitensis*, *Hesperomeles obtusifolia* y *Durantatriacantha*.

En la mayoría de lugares, la vegetación está dominada por arbustos pequeños como *Acacia macracantha*. Otros arbustos que crecen en este tipo de vegetación son: *Croton wagneri* “Mosquera”, *Dodonaea viscosa* “Chilca” y *Caesalpinia spinosa* “Espino”. La planta arrosetada *Agave americana* “Cabuya” es común en algunas laderas, así como la especie introducida *Aloe vera* “Sábila”. Los cactus crecen frecuentemente en algunos lugares, entre ellos: *Opuntia soederstromiana*, *O. pubescens* y *O. tunicata*

- FLORA

La estructura geomorfológica, las condiciones del suelo, y topografía poco influyen en la vegetación; no así la precipitación y la dirección de las lluvias durante el año. Al ser árido el valle del río Chota, debido a que la precipitación anual no supera los 300 mm. (Jørgensen, 1999) La vegetación que se encuentra en la zona es típica de ecosistemas secos, en los que predomina la vegetación arbustiva y árboles pequeños.

En general, los valles secos no son muy biodiversos. Sin embargo se pueden encontrar especies comunes que ecológicamente son utilizadas como bio-indicadoras de ecosistemas secos, siendo una bromelia (*Tillandsiarecurvata*) la especie más abundante.

En el mismo sentido es importante mencionar a *Acacia macracantha* “Algarrobo” como una de las especies más abundantes, así como también a *Dodonaea viscosa* “Chilca” y que son consideradas bio-indicadores. Otra especie bio-indicadora es *Crotonwagneri*, que a pesar de ser común en la zona, Está considerada en cómo Casi Amenazada (NT), principalmente por la deforestación.

- ESPECIES CULTIVADAS

Dentro de la hacienda Calera se puede encontrar distintos tipos de especies vegetales introducidas, entre las cuales se puede apreciar especies como *Pinus radiata*, *Agave americana*, *Inga insignis*, *Chionanthuspubescens*.

Los valles interandinos en la actualidad están dominados por *Eucalyptusglobulus*, especie introducida de Australia. Esta especie se encuentra a lo largo de las carreteras y los campos y también está plantado en parcelas silviculturales para la producción de madera. En algunas áreas se encuentran *Casuarina equisetifolia*, *Pinus radiata* y *Pinuspatula* que fueron introducidos de California y México, respectivamente. Áreas extensas de los valles interandinos están dedicados al pastoreo del ganado lechero y *Pennisetumclandestinum*, una gramínea introducida de África, entre otras gramíneas introducidas, predomina en la mayoría de los pastizales. Por otro lado algunas especies que son endémicas del tipo de vegetación arbustiva de los valles interandinos del sur de Ecuador, especialmente *Streptosolenjamesonii* y *Chionanthuspubescens*, se cultivan con frecuencia en los valles interandinos del norte del Ecuador como plantas ornamentales (Jørgensen, 1999).

4.2 EL SUELO

La USDA (2015) Describe al suelo como la capa superficial de la corteza terrestre, que surge como consecuencia de un largo proceso de meteorización, y que a su vez constituye el medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres, al proporcionarles los nutrientes que necesitan y servirles de sustrato sobre el cual crecer. No es un elemento estático y carente de vida, la vida del suelo es muy diversa constituida por micro y macro organismos (bacterias, hongos, algas, protozoarios, nematodos, lombrices e insectos) y por las plantas y su sistema radicular. En él se encuentran las bacterias y los hongos los cuales constituyen el grupo más grande de microorganismos en los suelos encargados de capturar nutrientes y descomponer la materia orgánica.

Sin embargo, Cruz (2004) dice que el ecosistema suelo es considerado uno de los recursos naturales indispensables para el desarrollo de la vida, es también el mayor depósito de materiales contaminantes del planeta, proveniente de las diferentes actividades humanas. Como consecuencia, el suelo puede ser destruido o degradado significativamente en poco tiempo; esta degradación puede ser física y química.

Según Vladimir (1992) La degradación del suelo se divide en dos partes:

- En la degradación física los suelos pierden propiedades importantes provocando un grave perjuicio en su rendimiento o utilización como recurso, afectando en mayor o menor grado su integridad física y química y así disminuir su fertilidad natural.
- En la degradación química los suelos se contaminan por la introducción en los mismos de elementos químicos extraños o en dosis exageradas, como empleo masivo de fertilizantes y biosidas, así como el almacenamiento de las actividades agrícolas, industriales y petroleras.

(Sarandón, 2006) Indica que la disminución de materia orgánica de los suelos en los agro ecosistemas se debe a que las pérdidas de carbono a través de la oxidación y la erosión por el cultivo intensivo no son compensadas por las entradas de carbono a través del retorno de la biomasa

Según Abrisqueta (1962) En los suelos afectados por sales, los niveles de carbono orgánico del suelo son generalmente bajos, como resultado del crecimiento pobre de las plantas; además la descomposición de la materia orgánica del suelo puede verse afectadas negativamente por factores como la salinidad.

4.2.1 PARTÍCULAS DEL SUELO

Las partículas sólidas son el componente más abundante en el suelo e intervienen en fenómenos como la adsorción, adhesión, capilaridad, expansión, contracción, capacidad de intercambio catiónico, agregación y dispersión, entre otras.

Según Chávez (2010) Las partículas minerales se derivan del intemperismo de las rocas existentes sobre la superficie terrestre, y las orgánicas provienen directamente de las plantas y otros organismos como algas y bacterias. Los minerales son compuestos inorgánicos naturales y se clasifican en primarios y secundarios; los primeros se forman directamente del magma original, mantienen una composición química inalterada y su tamaño es mayor de 0.002 mm; los segundos se forman debido a intemperismo que actúa sobre los primarios con una estructura y composición química diferente y un tamaño menor de 0.002 mm. Las partículas minerales del suelo se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño en: arena, limo y arcilla.

- Arena. Su principal componente es el óxido de silicio (cuarzo, feldespatos, micas, entre otros), tiene un tamaño mayor de 0.05 mm y una superficie específica promedio de 15 cm² /g. Las partículas de arena son visibles o palpables en forma individual; no se expanden ni se contraen con el agua, su capacidad de intercambio catiónico es prácticamente nula, su principal función es estructurar la matriz del suelo.
- Limo. Su principal componente es el óxido de silicio contenido en minerales tales como el cuarzo, feldespatos, micas y otros. Posee una superficie específica de aproximadamente 0.6 m² /g, un tamaño que va de 0.05 a 0.002 mm y su capacidad de intercambio catiónico es prácticamente nula. El limo no se contrae ni se expande al humedecerse o secarse.
- Arcilla. Tienen un tamaño menor de 0.002 mm y no pueden verse a simple vista, con estructura laminar, son plásticas y pegajosas cuando se humedecen, muy adsorbidas al

agua, gases y sustancias disueltas. La superficie específica es muy grande, la capacidad de intercambio catiónico varía según el tipo de arcilla. En general existen dos tipos de arcilla: las silicatadas y las de hidróxidos, siendo más importantes las primeras. Las arcillas de hidróxido predominan en el trópico y están constituidas principalmente por hidróxido de hierro y aluminio

4.3 IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS DEL SUELO

El contenido de los elementos del suelo es variable, se notan estas diferencias mucho más en los elementos químicos denominados “micro elementos” que los macro elementos; aunque el origen de los mismos (materia parental, roca madre, regolitos, entre otros) siempre influyen fuertemente en el contenido de los materiales y su ubicación en los diferentes perfiles de suelos, en realidad pueden existir diferencias notables en las correlaciones, así por ejemplo si el origen proviene de una roca sedimentaria o es un suelo muy antiguo, la composición de este será diferente del material que dio origen a su formación (Terrón, 1989).

Según Souchier (1987) Los elementos que permiten definir un suelo se encuentran en diferentes formas, que dependen, entre otras cosas, del tipo de degradación que haya tenido el material original, del clima, del porcentaje de materia orgánica, contenido de agua, de los tipos de enlace químico especialmente de tipo iónico existentes, de la acidez, de la estructura y granulometría existente entre las fracciones básicas. Sin pasar por alto la capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases de los suelos, que es además el resultado del material de partida y de textura, porque está directamente relacionado con el tipo de arcilla (tipo 2:1 o 1:1), y de esta depende la avidéz por los cationes que se encuentran en la solución del suelo, que luego van a ser absorbidos por las arcillas e intercambiados cuando las condiciones sean necesarias.

4.4 SALINIDAD DEL SUELO

Según Cepero (2013) La contaminación del suelo por sales solubles es conocida como salinización. La salinidad del suelo es una de las principales formas de su degradación en regiones áridas y semi áridas donde la precipitación es demasiado baja para mantener la regular percolación de sales de la zona de las raíces de los cultivos.

Estos suelos contienen gran cantidad de sales solubles. Predominante de tipo cloruros de sodio y sulfato de sodio, lo que permite que exista una elevada relación de sodio (RAS) en la solución del suelo. Cuando este exceso de sales es drenada a menudo se presenta problemas de sodicidad (Araujo, 2011).

Según Reguerín (2003) La salinidad en los suelos desde el punto de vista agronómico tiene su importancia y desde esta óptica se ha realizado los esfuerzos para entender este proceso de enriquecimiento del suelo en sales más solubles que el yeso, por lo general se trata de cloruros y sulfatos, bicarbonatos, nitratos y boratos de sodio, magnesio y calcio. Ello provoca valores muy altos de la presión osmótica en la fase líquida del suelo, con evidentes repercusiones sobre la vegetación. Es un proceso que tiene lugar principalmente en zonas semiáridas y áridas, en zonas bajas con mal drenaje. Puede ser natural o bien inducido por el hombre por un uso inadecuado del agua de riego. El origen de las sales solubles (Ciclo de salinización) se le atribuye a los siguientes factores:

- Litológicos
- Geomorfológicos
- Climáticos
- Hidrológicos
- Antrópicos

El estudio del ciclo geoquímico de los elementos químicos permite identificar la procedencia de las sales que se acumulan en los suelos salinos. El origen último reside en las rocas que, al verse afectadas por la meteorización, liberan los elementos que las constituyen (Zúñiga, 1999).

4.4.1 Salinización Secundaria del Suelo

Según Fernández M. (1970), indica que además de la salinización natural existe la salinización secundaria que es la inducida por el hombre, la cual se produce con frecuencia como consecuencia de riego excesivo causado por el manejo inadecuado de las instalaciones de riego, mal drenaje interno del suelo, y la calidad inadecuada del agua de riego, así como el exceso de fertilización inorgánica.

La historia de la agricultura ha mostrado que la agricultura irrigada no puede sobrevivir sin un adecuado balance y drenaje de sales. El tiempo en que el suelo debe estar irrigado sin problemas de salinidad depende de su: hidrogeología y el manejo del agua. Los principales procesos por los cuales las sales solubles entran al suelo o al agua profunda incluyen la meteorización de minerales primarios y secundarios como su aplicación de aguas que contengan sales, la importancia de cada fuente de salinización depende del tipo de suelo, las condiciones de clima y el manejo agrícola que se le dé al suelo. (Hernandez, 2008)

4.5 FORMAS EN QUE SE ENCUENTRAN LAS SALES EN EL SUELO

Según Fernández (2014) las sales en el suelo se manifiestan de dos formas principales:

Asociados.- formando compuestos. Esta fórmula de las sales se presenta por combinación de los iones más comunes y abundantes como son: NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄.

Disociados.- como iones que pueden ser positivos (cationes) y negativos (aniones). En este caso se pueden encontrar en tres diferentes disposiciones:

- a) Iones solubles: en el agua y en el suelo.
- b) Iones hidratatos: a presión en las arcillas o material orgánico muy fino.
- c) Iones intercambiables: retenidos por carga eléctrica en las arcillas o material muy fino.

4.5.1 EFECTO DE LAS SALES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Según Jaramillo (2002), existen dos formas en las sales pueden afectar a las propiedades del suelo:

Químicas:

- Capacidad de intercambio catiónico.
- Variación desfavorable del pH, lo que reduce la solubilidad de los nutrientes y por lo cual ocasiona variación en la disponibilidad para las plantas.
- En otros casos pueden poner en solución a elementos tóxicos para los cultivos

Físicas:

- Modifican el estado de agregación de las partículas dando lugar a cambios en la estructura y consecuentemente alteran la aeración y la retención de humedad del suelo.
- Aumentan el esfuerzo de humedad del suelo (EHS)
- En presencia del sodio, los suelos se defloculan reduciendo la aeración, la infiltración y la conductividad hidráulica a límites desfavorables para la planta.

Los valores de pH superiores a 8,5 indican abundancia de sodio y la probable dispersión de los coloides del suelo. Las partículas dispersas de arcilla taponan de tal modo los poros que los movimientos de aire y agua devienen demasiado lentos y las plantas no pueden sobrevivir (Bohn, 1993).

La presencia de sales produce distorsión en las medidas de potencial osmótico. El potencial de la solución del suelo, al igual que la conductividad eléctrica de la misma depende de la clase y concentración de solutos presentes (Jacobo, 2014).

4.5.2 CONSECUENCIAS DE LA SALINIDAD DEL SUELO

Según Taboada (2008), las principales consecuencias de la salinidad en los suelos son las siguientes:

- Deteriora la calidad de los suelos
- Limita el desarrollo de las plantas y el rendimiento de las cosechas
- Reduce la gama de cultivos posibles

- En algunos casos puede conducir a la sodificación del suelo, con las consiguientes consecuencias negativas de degradación en la estructura del suelo.
- Pone en riesgo la viabilidad técnica y económica de los regadíos dando lugar al abandono de tierra.
- Induce graves problemas medio ambientales (salinización de aguas subterráneas y superficiales)

4.6 EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LOS CULTIVOS

Según el artículo de Vitelio Gyokovic Cortés (2007), el efecto de las sales en las raíces de las plantas siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta al reducir el volumen de suelo que puede explorar sus raíces. Existe variabilidad en esta respuesta, la cual depende del cultivar o la especie de que se trate, los niveles de salinidad a que son expuestos y la duración del periodo al estrés salino. Las principales sales que afectan a los vegetales y que se encuentran en los suelos corresponden a cloruros y sulfatos de sodio, calcio, magnesio y potasio.

Las sales afectan el crecimiento al alterar la absorción de agua por las raíces, fenómeno que se denomina componente osmótico, y sería el efecto inicial que padecen las plantas. También se desencadenan desequilibrios iónicos en las plantas por la excesiva absorción de sodio y cloruros, los que generan efectos secundarios como problemas de toxicidad y nutricionales vinculados a la absorción de iones esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Villafañe, Gracia, & Medina, 2009).

Según Yokoi (2002), en cuanto al componente osmótico, para superar los problemas de absorción de agua las plantas requieren acumular solutos compatibles a nivel de citosol y organelos sin afectar la actividad de las enzimas. Algunos de éstos son iones esenciales como el K^+ , pero la mayoría son solutos orgánicos como azúcares simples (principalmente glucosa y fructosa), alcoholes derivados de azúcares (glicerol e inositoles metilados) y azúcares complejos (triosa, resinosos y fructanos). También se incluyen derivados de aminoácidos

cuaternarios (prolina, glicina betaína, β -alanina betaína, prolina betaína), aminas terciarias (1,4,5,6-tetrahidro-2 -metil 1-4 carboxil pirimidina) y compuestos sulfónicos (o-sulfato de colina, propionato dimetil sulfónico). Con ello las plantas logran disminuir el potencial osmótico, hecho que facilita el movimiento del agua hacia el interior de las células de las raíces.

En cuanto a los efectos nutricionales, altas concentraciones de Na^+ en la solución externa causan una disminución en las concentraciones de K^+ y Ca^{2+} en los tejidos de las plantas. Estas reducciones se pueden deber al antagonismo del Na^+ y K^+ por los sitios de absorción en las raíces, el efecto del Na^+ en el transporte al xilema o a la inhibición de los procesos de absorción. Otros investigadores consideran que una alta concentración de Na^+ no sólo inhibe la absorción de nutrientes directamente por interferencia con transportadores en la membrana plasmática de la raíz, tales como los canales selectivos de K^+ , sino también por la inhibición del crecimiento de la raíz a causa del efecto osmótico del Na^+ y a los efectos adversos del Na^+ en la estructura del suelo (Ortuño, 2014).

4.7 FACTORES QUE FAVORECEN EL PROCESO DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS

Según Chávez (2001), el desarrollo del proceso de salinización de los suelos se va incrementando por factores como:

Agua de mala calidad.- El uso de aguas salinas apresura el proceso. Además las aguas negras poseen contenidos elevados de sales por lo que es muy común encontrar suelos que se han salinizado a partir de la aplicación de esta agua.

4.7.1 Clasificación de las aguas de riego

- a) **USDA:** este criterio propuesto en 1954 por el laboratorio de salinidad de los Estados Unidos, (USDA, 2015) se basa en el nivel de sales de un suelo, expresado como conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación, es comúnmente de 2 a 10

veces mayor que el agua con el que ha sido regado. De este modo es posible agrupar a las aguas en función de la acumulación de sales que puedan ocasionar.

1. **Clase 1. Aguas de salinidad baja.-** En esta clase quedan incluidas las aguas que tengan $CE < 0.25$ dS/m. Estas aguas pueden ser utilizadas para riego en todo tipo de suelos y cultivos, y prácticamente sin medidas especiales de manejo, sin riesgo de que se presenten problemas de salinidad del suelo.
 2. **Clase 2. Aguas de salinidad media.-** Se trata de aguas con CE que oscilan entre 0.25 y 0.75 dS/m. Las aguas de esta clase, si se aplican sin un manejo adecuado pueden ocasionar problemas de salinidad en el suelo, por lo cual se recomienda que su uso se lleve a cabo en suelos provistos de buen drenaje, o bien a través del uso de cultivos tolerantes a la salinidad, ya que es de esperar la reducción en los rendimientos de cultivos sensibles.
 3. **Clase 3. Aguas de salinidad alta.-** Se incluyen en esta categoría aguas que presentan CE de 0.75 a 2.25 dS/m. El elevado contenido de sales de estas aguas provocara sin duda problemas de salinidad en el suelo, por lo cual es necesario restringir su uso en suelos de texturas ligeras o medias, con un drenaje eficiente, unido a la aplicación de medidas de control de la salinidad como la aplicación de la necesidad de lavado y utilizando cultivos mediana o altamente tolerantes a la salinidad.
 4. **Clase 4. Aguas de salinidad muy alta.-** Poseen CE superiores a 2.25 dS/m, y no se consideran adecuadas para el riego, aunque podrían usarse en cultivos muy resistentes o en suelos con buen drenaje, aunque siempre aceptando que el suelo se vuelva salino en mayor o menor grado.
- b) **NTC/FAO:** Se basa en la determinación de la CE de las aguas de riego, pero toma en cuenta la precipitación de parte de las sales del agua que tendrá lugar cuando el agua se aplique al suelo.

1. **Aguas de buena calidad.-** Incluye aguas que presenten $CE < 0,7$ dS/m. su uso no representa riesgo de salinización.
2. **Aguas de calidad condicionada.-** Aguas con CE entre 0.7 y 3.0 dS/m. El uso de esta agua queda condicionado a un buen drenaje y para riego de cultivos tolerantes.
3. **Aguas de mala calidad.-** $CE > 3.0$ dS/m. No se consideran adecuadas para el riego por el problema de salinidad que pueden ocasionar.

4.8 IMPORTANCIA Y DIFUSIÓN DE LOS SUELOS SALINOS Y SU RELACIÓN CON EL RIEGO

Tanto en la actualidad como en la antigüedad, regiones agrícolas muy fértiles se tomaron totalmente improductivas a consecuencia del riego. Extensas áreas de Mediterraneo, tanto en países europeos como africanos, regiones áridas asiáticas y americanas, por ejemplo en los EEUU, sufrieron severos deterioros de la fertilidad química y física de los suelos a causa de un empleo esta práctica (Francesco, 1997).

Según Vargas (2000), indica que la salinidad del suelo se encuentra presente en la mayoría de los esquemas de riego alrededor del mundo bajo los efectos conjuntos de baja calidad de agua de riego, aridez y falta de drenaje natural de los suelos y acuíferos. Mientras que los productores pueden controlar la salinidad, el peligro de sodicidad es más difícil de comprender y manejar. La salinización es la consecuencia de varios procesos complejos de redistribución de sales que dependen de las condiciones naturales, características del sistema, prácticas agrícolas y manejo del riego y del drenaje.

La salinidad de los suelos causada por factores naturales o por actividades humanas es un perjuicio ambiental significativo que resulta en un incremento de los riesgos ecológicos a la biosfera, limita el potencial agroecológico y representa un considerable obstáculo socio – económico para el desarrollo sustentable (Flores, 2014).

4.8.1 RIEGO

Alconada (1998), explica que en muchas regiones del mundo, especialmente en las subtropicales, la lluvia anual no es suficiente para cubrir las necesidades de evaporación del suelo. Todas las adiciones de agua por otra fuente en los suelos, sea por ascensión capilar desde el subsuelo o por riego, necesariamente implica la adición de sales al perfil de sí mismo, ya que todas las aguas naturales contienen cantidades variables de sales disueltas. Estas sales son principalmente las más solubles, cloruros de los cationes sodio, calcio, magnesio y potasio; y a su vez sustratos de los mismos cationes. Siempre que el agua adicionada localmente al suelo sea utilizada totalmente para el uso de la vegetación, la salinización del perfil del suelo es inevitable. Así que todos los suelos de las regiones áridas o semiáridas se pueden considerar que están sujetos a potencial de salinización.

El uso de riego en la agricultura es una práctica antigua, desarrollada con la finalidad de proveer una cantidad adecuada de agua para el correcto desarrollo de los cultivos y permitir así la producción de alimentos en la época seca, donde no existen lluvias frecuentes. El agua es tan importante para la agricultura debido a que crea una solución en el suelo en la que se encuentran disueltos los nutrientes y mediante la absorción efectuada por sus raíces, las plantas logran acceder a estos (Alconada, 1998).

La acumulación de sales en tierras cultivables ha incrementado el abandono y la degradación ambiental en el Ecuador. El exceso de salinidad es la causa más común de la degradación del suelo por la mala calidad de agua de riego en todo el mundo (Lavado, 2009).

Según Villafañe R. (2011), La cantidad de agua necesaria para drenar las sales solubles del suelo es un factor importante a tomar en cuenta en la recuperación de suelos salinos y en la planificación del riego en zonas áridas y semiáridas donde la salinidad es un problema potencial.

4.9 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS SUELOS

Simón (2013), indica que cuando mayor es la concentración de sales en una solución de suelo, mayor es la corriente eléctrica que puede ser transmitida a través de ella. Por eso la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) se utiliza como indicadora de la salinidad del suelo. El agua pura es una mala conductora de la electricidad, mientras que el agua contiene sales en solución puede conducir corriente en forma proporcional a la cantidad de sales disueltas.

La conductividad eléctrica se puede medir en una pasta de suelo saturado o en una suspensión más diluida, cuando se investiga la salinidad con relación al desarrollo de las plantas es recomendable usar la conductividad del extracto de saturación.

4.9.1 LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS

El desarrollo de los cultivos está condicionado por muchos factores, tanto bióticos como abióticos, dentro de estos últimos se encuentran las propiedades fisicoquímicas de los suelos. Algo que determina la calidad y fertilidad de un suelo agrícola es el contenido de sales presentes. Estas sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad. Los problemas de salinidad son más acentuados en regiones áridas y semiáridas. La manera en que se mide dicha salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (Peralta, 2013).

Tabla 1 Clasificación de la Salinidad

CLASIFICACIÓN DE LA SALINIDAD		
Conductividad Eléctrica (dS/m)	Clasificación	Efecto sobre las plantas
< 0.75	Libre de sales	No hay restricción para ningún cultivo
0.75 - 1.15	Muy bajo en sales	No hay restricción para ningún cultivo
1.10 - 2.0	Ligeramente salino	Afecta el rendimiento de cultivos sensibles
2.0 - 4.0	Medianamente salino	Afecta el rendimiento de casi todos los cultivos
4.0 - 8.0	Fuertemente salino	Afecta el rendimiento de todos los cultivos
12.0 - 16.0	Muy fuertemente salino	Pueden crecer cultivos tolerantes a la salinidad
> 16.0	Extremadamente salino	Ningún cultivo crece rentablemente

Fuente: (Chavez, 2010)

4.9.2 INFLUENCIA EN LOS CULTIVOS

La salinidad disminuye el crecimiento de los cultivos al ocasionar una disminución en la disponibilidad de agua, llegando a presentar síntomas similares a los provocados por una sequía, aun cuando se tengan niveles suficientes de humedad en el suelo. Los síntomas varían con los estados fenológicos de los cultivos, los cuales son más severos en las etapas iniciales de crecimiento de los cultivos, sobre todo durante la germinación de semilla. Otro de los síntomas que se aprecian en los cultivos por altas concentraciones de sales son el retraso en el crecimiento y la presencia de distintas decoloraciones dependiendo de la planta (Lamz, 2013).

No todos los cultivos tendrán la misma respuesta a un mismo nivel de salinidad, algunas especies producen rendimientos aceptables a niveles altos. Cultivos sensibles tienen rendimientos pobres al incrementar mínimamente la Conductividad Eléctrica del suelo. La diferencia de estas especies está estrechamente relacionada con su fisiología, y para ser más precisos con la adaptación osmótica que tienen sus raíces para mantener el flujo del suelo hacia ellas (Salazar, 2007).

Tabla 2 Tolerancia de los cultivos a la salinidad, expresada en % de rendimiento

CULTIVO	RENDIMIENTO RELATIVO EN %, EN BASE A LA CE _e											UMBRAL DE CE _e
	INDICADA, dS/m											dS/m
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...1	5
ALGODÓN	100	100	100	100	100	100	100	86	79	72	62	7,7
CEBADA	100	100	100	100	100	100	93	86	79	71	37	8,0
TRIGO	100	100	100	100	100	100	93	86	79	71	36	6,0
ARROZ	100	100	88	76	63	51	39	27	15	2	0	3,0
MAÍZ	100	100	100	100	98	90	84	78	70	63	29	4,8
PAPA	100	96	84	72	60	48	36	24	12	0	0	1,7
CAÑA	100	98	92	86	81	75	69	63	57	51	28	1,7
FRESA	100	67	33	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0
ROSAL	100	74	36	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0

Fuente: (Mass, 2001)

4.10 EL CONDUCTÍMETRO

El Conductímetro consiste en dos celdas de platino, las cuales se conectan entre sí por el agua que asa entre ellas, mientras más concentradas están las sales en esa solución mayor es el paso de corriente (Cjuno, 2005).

Según Rondina (2007), la conductividad de una solución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución. Las sales que interesan son muy solubles e ionizables, por consiguiente, se puede conocer indirectamente el contenido salino de una

solución midiendo la cantidad de corriente que pasa a su través. La conductividad eléctrica en suelos, debe ser determinada con extracto de saturación. Los índices de clasificación de los suelos en cuando a la salinidad los niveles críticos considerados para evaluar la tolerancia de los cultivos al exceso de sales, se basan en la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) a 25°C.

4.11 SUELO Y SU RELACIÓN CON LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Muchos investigadores de clasificación consideran definir como “los suelos” porque no es un cuerpo homogéneo, existe mucha variabilidad física y química en áreas pequeñas pero que dependen de una dinámica local homogénea, por tanto responden a los factores que han resultado en esas geoformas. Por esto se considera que la conductividad eléctrica de los suelos es heterogénea y realizar un análisis riguroso es difícil y muchas veces imposible, porque depende también de las actividades antrópicas, uso de suelo o cobertura vegetal, estos pueden ser muy variables en áreas relativamente pequeñas (Bosch Mayol, 2012).

Según las claves de la taxonomía de suelos de los Estados Unidos (keys to soil taxonomy tenth), la palabra “suelo”, como muchas otras, tiene varios significados. En su significado tradicional, el suelo es el medio natural para el desarrollo de plantas terrestres, sea que tenga o no horizontes discernibles. Esta aceptación es todavía la forma más común, y es el interés principal en el que el suelo centra su significado. Las personas consideran al suelo importante porque sostiene a las plantas que nos proporcionan comida, fibras, medicinas y otras necesidades humanas y a su vez porque filtra el agua y recicla los desechos.

La USDA (2015) describe al suelo como un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y material orgánica), líquido y gas que ocurre sobre la superficie de tierra, ocupando espacio y es caracterizado por uno o varios horizontes o capas, que son distinguidas desde el material inicial y resultado en adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, o de la habilidad de soportar raíces de plantas en ambiente natural. El límite más bajo que separa el suelo del “no suelo” es muy difícil de definir, se ha atribuido a la actividad biológica y es a menudo muy gradual.

Según Romero (2009), los dos principales constituyentes del suelo son el óxido de silicio y el óxido de aluminio los cuales son excelentes aislantes eléctricos; normalmente es posible detectar una conductividad eléctrica apreciable en el terreno. Esto se debe a que:

- a) La conductividad del suelo se debe a gran medida a la presencia de humedad y sales en solución en los intersticios dejados por las formaciones rocosas o masas minerales.
- b) La cantidad de corriente transportada puede alcanzar valores importantes aun en un mal conductor, si el volumen que participa es considerable.

De la primera observación se deduce que el proceso de conducción en suelos es de carácter electroquímico y depende de factores como:

- Porosidad de materiales componentes del terreno.
- Distribución y disposición de los poros.
- Conductividad de agua que llena los poros.

4.11.1 TEXTURA DEL SUELO EN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La textura del suelo indica la cantidad de partículas individuales de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, según indica. Dependiendo de la textura del suelo, tendrá mayor o menor cantidad de poros. El poro es un espacio no ocupado por sólidos. Los suelos de textura fina tienen del 40 al 60% de espacio poroso. Los suelos cuyos poros están llenos de agua y directamente conectados con poros vecinos tienden a conducir electricidad más fácilmente, y los suelos arcillosos poseen gran cantidad de poros continuos (Cruz, 2004).

4.11.2 FACTORES ABIÓTICOS QUE INTERVIENEN EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS SUELOS

Según el artículo de Benet A. (2005), clasifica los factores abióticos que intervienen en la conductividad eléctrica de los suelos de la siguiente manera:

-Clima

La climatología es la ciencia que se encarga de estudiar las variedades climáticas que se producen en la Tierra y sus diferentes características en cuanto a: temperaturas, precipitaciones, presión atmosférica y humedad, entre otros.

-Temperatura

La temperatura como componente del clima, se ha considerado como un factor dependiente de formación de suelos. La temperatura influye en muchas formas sobre las reacciones implícitas en los procesos de formación de los suelos (procesos pedogenéticos). La temperatura es el componente principal del cálculo 13 de la evapotranspiración potencial y, por ende, tiene un control apreciable sobre la cantidad de precipitaciones pluviales reales (Magno, 2011).

Se ha demostrado que varias propiedades de los suelos son dependientes de la temperatura. Al elevarse ésta, los colores del suelo tienden a hacerse menos grises y más rojizos; las bases tienen una lixiviación más completa en las zonas cálidas húmedas; el contenido de nitrógeno y el de materias orgánicas disminuye al aumentar la temperatura y el contenido de arcilla aumenta. La conductividad eléctrica decrece levemente cuando desciende la temperatura hacia el punto de congelación del agua. Bajo el punto de congelación, los poros quedan aislados, y la CE decrece velozmente. En las zonas tropicales esto sólo sucede ocasionalmente en las montañas más altas (Doerge, 2003).

Además Casanellas (2005) explica que la conductividad eléctrica varía con la temperatura. En estudios de salinidad de suelos, los valores de la conductividad eléctrica se expresan referidos a 25 °C, debiendo transformar las lecturas realizadas a otras temperaturas: $CE_{25} = f_t \times CE_t$.

-Humedad

La humedad que posee el terreno determina fuertemente su resistividad y por consiguiente la conductividad eléctrica. El agua que contiene el terreno, debido a su estado higrométrico, es la que influye. Siempre que se añada agua a un terreno aumenta la conductividad respecto a la que tendría en seco. Se dice que un terreno está “saturado” cuando todos sus intersticios están llenos de agua (Benet A. S., 2005).

Por efectos de la evaporación natural de la superficie del terreno, se produce un empobrecimiento del agua contenida en los agregados, fenómeno que se propaga lentamente desde la superficie hacia los estratos más profundos. Este fenómeno tiene más importancia cuanto más seco sea el clima del lugar por cuanto los cationes tienden a subir a la superficie por efectos de capilaridad.

El contenido de humedad del suelo depende de sus características climáticas, por lo que en los análisis de suelos a realizarse se debe considerar la época del año que ofrezca la menor cantidad de humedad. En épocas de lluvias, el nivel freático se aproxima a la superficie del terreno, presentando el suelo una resistividad menor que en el periodo de sequía, en el 14 que dicho nivel se aleja en profundidad de la superficie (CHILE, 2010).

-Geología

La geología como su nombre en latín indica, la Geología es la ciencia que estudia la tierra, pero algunos estudiosos manifiestan que la Geología es la ciencia que trata la estructura del globo terrestre, las formas de las rocas y terrenos, y la evolución de los mismos desde los orígenes (Moreno Osorio, 1992).

A su vez (MORA & VALVERDE, 2010) consideran conocer la mineralogía de las rocas, lo cual puede derivar en características especiales en los suelos derivados, a la mineralogía la han definido como la rama de las ciencias geológicas que trata de explicar los aspectos químicos y físicos de los componentes naturales de la corteza terrestre. En síntesis, se llamará mineral a todo elemento o combinación química, formado por procesos naturales, inorgánicos, dotado de características físicas y químicas definidas.

-Geomorfología

(Imeson, 1998) Describe que la Geomorfología se basa fundamentalmente en la base del paisaje que generará una cubierta edáfica, ya que los suelos son el resultado de la acción combinada de un conjunto de factores formadores (clima, material originario o roca madre,

posición en el paisaje, organismos vivos y tiempo). Por consiguiente, existe una relación entre las formas del paisaje, la naturaleza y distribución de los suelos, lo que constituye la base de la fotointerpretación edafológica, la cartografía de suelos y la identificación e interpretación de las funciones de los suelos según la posición que ocupen. Esto hace que los resultados de la observación, descripción y muestreo de una pequeña parte del paisaje puedan generalizarse a áreas no prospectadas, que sigan el mismo patrón suelo-paisaje.

Resulta importante destacar que la edad de un suelo monocíclico está relacionada con la edad de la superficie geomorfológica en la que se ha formado. Por el contrario, no tiene nada que ver con la edad de formación geológica a la pertenezca la roca que ha actuado de material originario o de roca madre. La dimensión temporal de los procesos que dan lugar al modelado de un paisaje implica una evolución del mismo, la posibilidad de una sucesión de procesos, así como que existían formas actuales y otras heredadas (relictas) debidas a procesos ocurridos a lo largo de los últimos 10 000 años pueden permitir explicar, por ejemplo, formas periglaciares en zonas templadas (Ayres, 2015).

El artículo elaborado por (Porta, 2005) dice que el estudio de la dinámica asociada a las distintas formas del paisaje permite interpretar los procesos predominantes y establecer relaciones suelo-paisaje. El relieve controla la redistribución de masa y energía. Por ello, en un determinado paisaje resulta posible distinguir superficies de erosión y superficies deposicionales, cuyo distinto origen, edad de la superficie en relación a la del material aflorante, características de los suelos, entre otros pueden ser analizados.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder realizar el análisis de la salinidad del suelo en la hacienda Calera en IANCEM, se procedió al levantamiento de la información básica del Ingenio Azucarero del Norte el cual cuenta con las haciendas Calera y Tababuela, ubicadas en la parroquia Salinas y parroquia Ibarra respectivamente, del cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

Los terrenos donde se realiza los cultivos de caña de azúcar han formado parte de la empresa IANCEM por muchos años, la empresa en su afán de crecimiento ha tenido la oportunidad de adquirir esos terrenos tomando en cuenta la cercanía de los mismos a la planta de elaboración de azúcar y la vocación de los suelo para el cultivo de caña.

Además podemos mencionar que dichos cultivos forman parte de la principal materia prima en la fabricación de azúcar.

La hacienda “Calera” que forma parte del Ingenio Azucarero del Norte que se divide en sistema de riego por goteo que tiene un total de 26.76 hectáreas, y el sistema de riego por aspersión que tiene un total de 30.77 hectáreas, está ubicada en el sector del Valle del Chota – Ambuquí que es una región ecuatoriana ubicado entre el límite de las provincias Carchi e Imbabura, a 35 Km. de Ibarra y 89 Km. de Tulcán, se accede al valle fácilmente por la Panamericana Norte. Ubicado a 1560 m.s.n.m., tiene una temperatura promedio de 24 grados centígrados, en medio de la sierra andina y caracterizada por tener una población aproximada de 25.000 habitantes en su mayoría de origen afroecuatoriano, Es una región pobre y de grandes carencias en el Ecuador.

A continuación se describe los dos sectores que forman parte de la hacienda Calera los cuales se han denominado como sistema de riego por goteo y el sistema de riego por aspersión que han sido seleccionados para realizar el estudio.

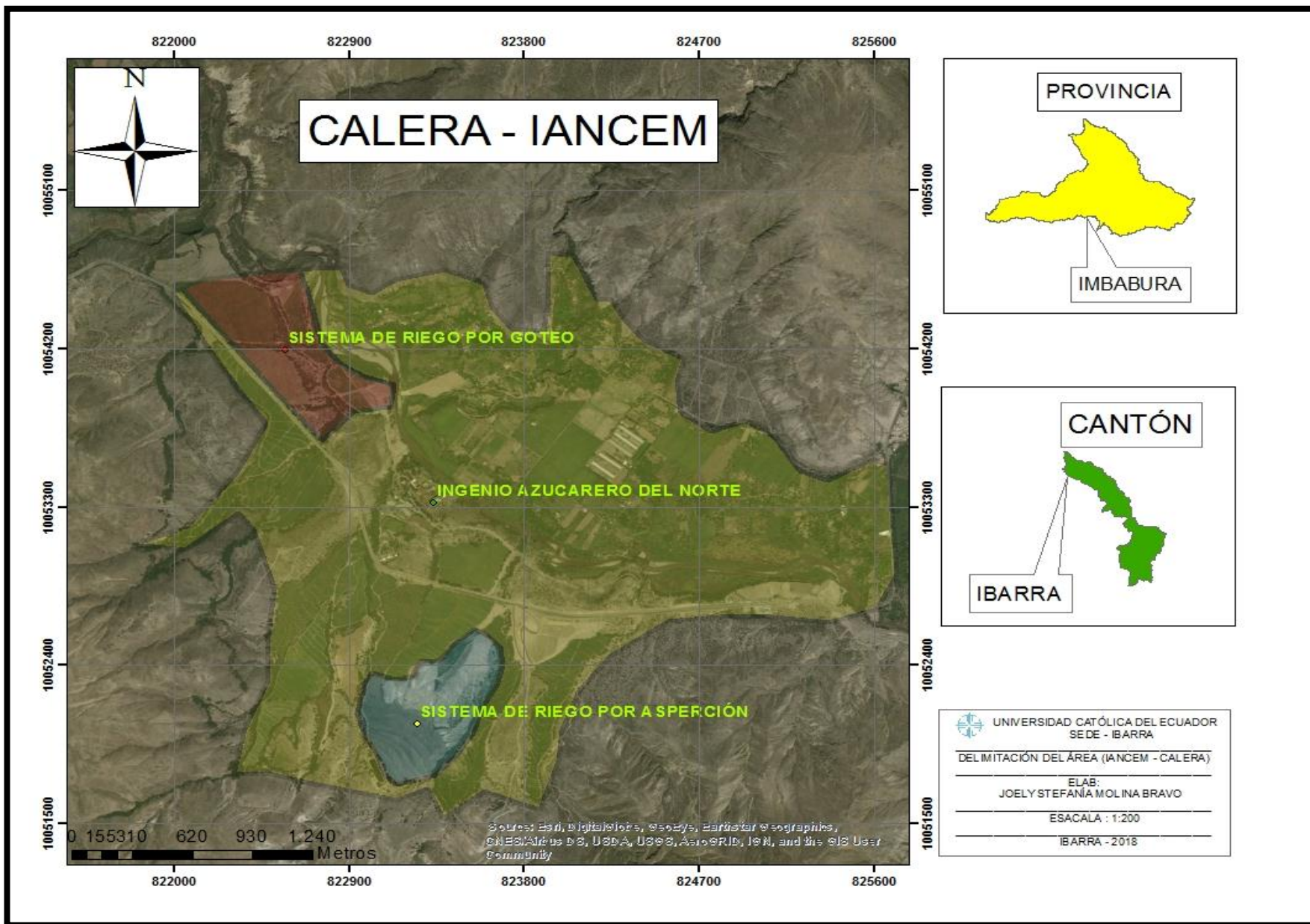


Figura 1 Ubicación del Área de Estudio

Fuente: El Autor

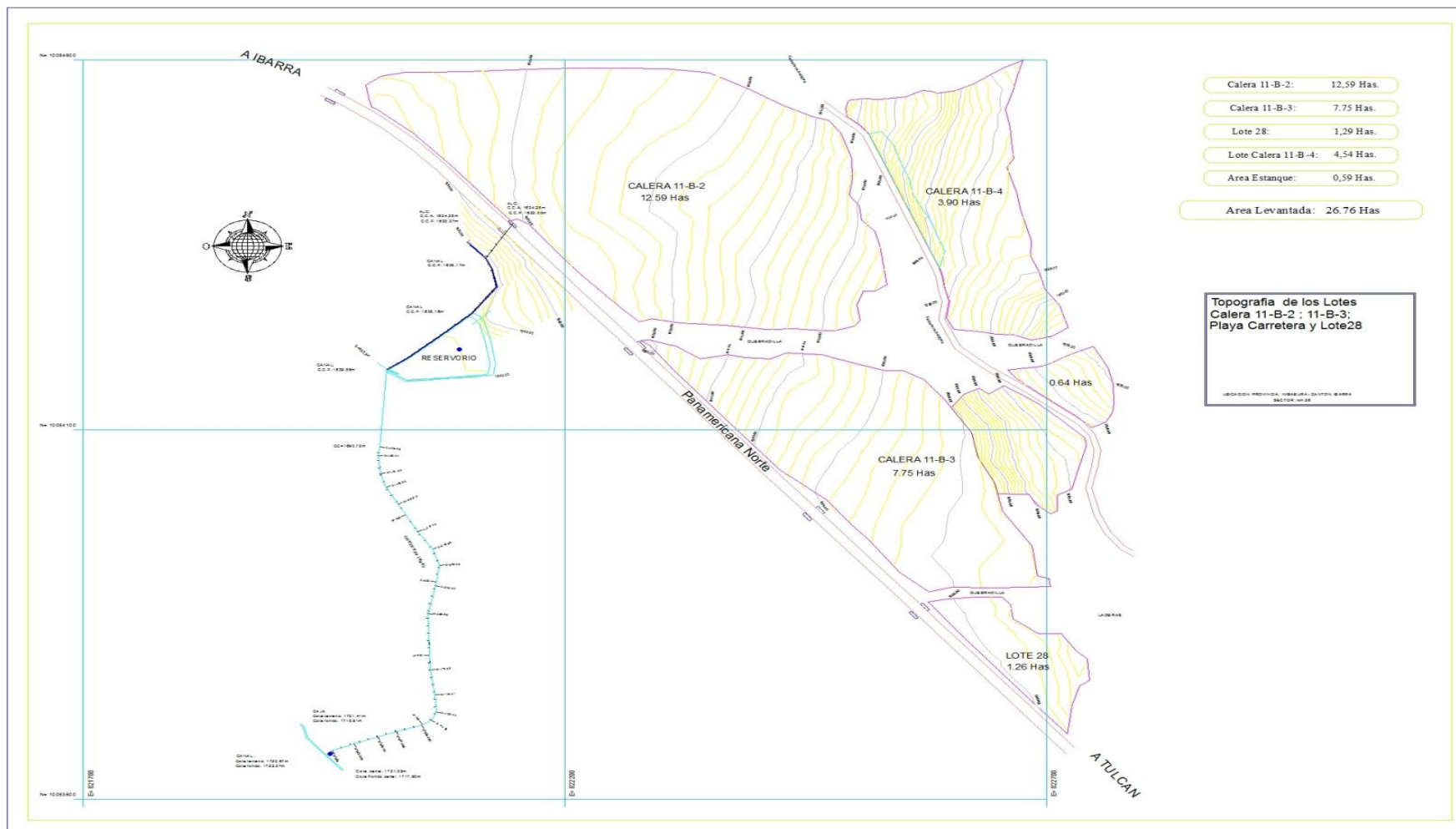


Figura 2 Sistema de riego por goteo

Fuente: Top. Carlos Castro (2015)- IANCIEM

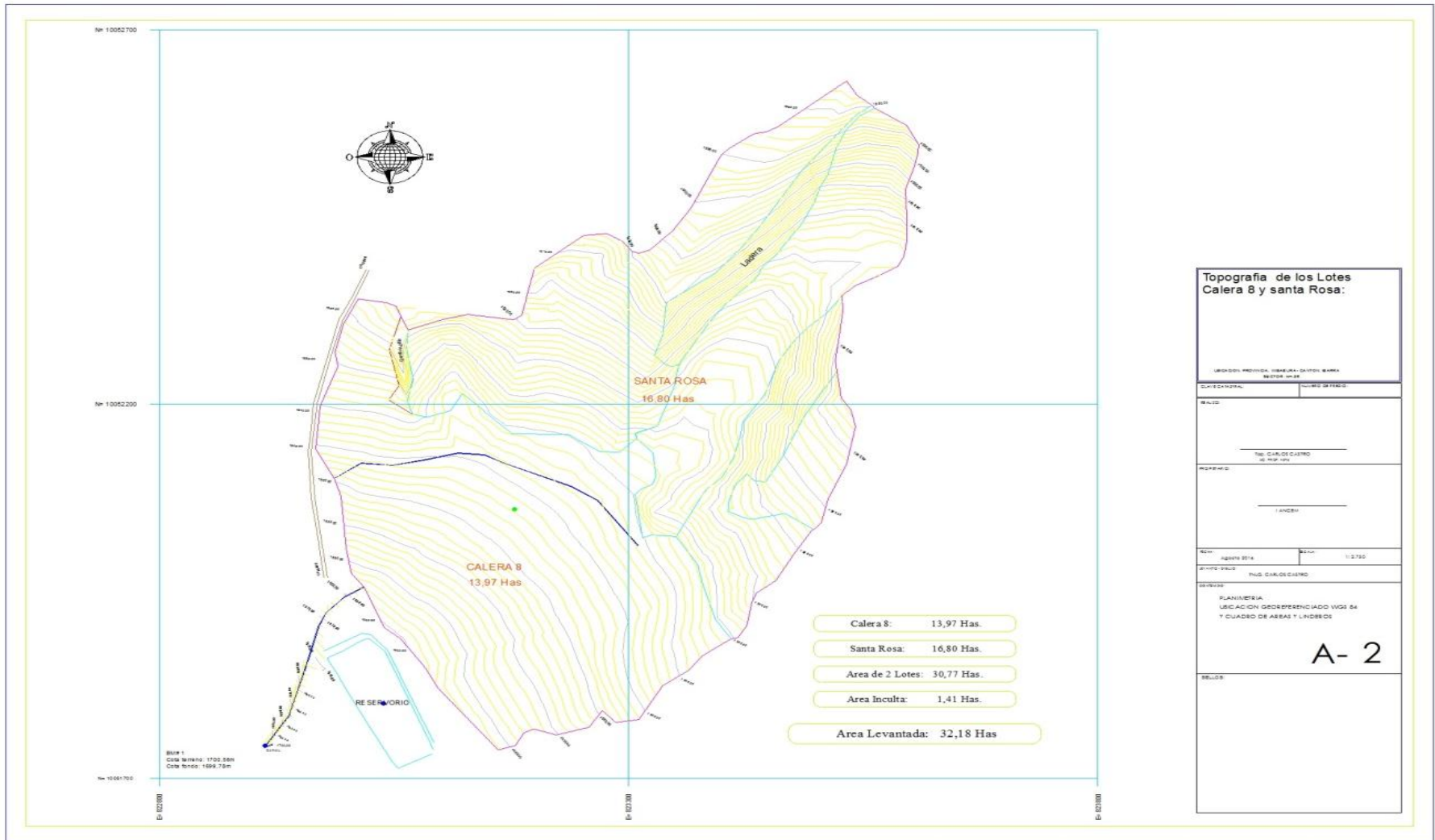


Figura 3 Sistema de riego por aspersión
 Fuente: Top. Carlos Castro (2015)- IANCEM

5.3 MÉTODOS

La presente investigación se basa en un tipo de estudio descriptivo, uno de los principales objetivos es el análisis de salinidad del suelo además de diferenciar las principales zonas donde se encuentra la mayor concentración de sales y poder obtener un cartograma en donde se especifique claramente los puntos más vulnerables por salinidad y de esta manera mejorar el cultivo y obtener una mayor producción.

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa informático ArcGis en la versión 10.3.1, los mapas que se obtuvieron de los resultados del análisis previo el cual se realizó en laboratorio se consideran como información relevante para los pasos de investigación, donde los mapas se utilizaran para realizar un análisis exacto ya que se utilizó un GPS marca Garmin, tipo montaña adecuado para este tipo de investigación, el cual sirvió para la toma de puntos y de las coordenadas geográficas. La información facilitada por IANCEM la cual fueron los mapas en los cuales se pudo diferenciar de una manera más fácil las hectáreas de cada lote y así poder analizar la toma de puntos, del mismo modo que se pudo recorrer cada uno de los lotes en su totalidad.

5.3.1 MÉTODO DE DISOLUCIÓN

La disolución es la mezcla homogénea de un soluto sólido, líquido o gas en un disolvente generalmente líquido, en muchas operaciones químicas resulta indispensable realizar las reacciones con sustancias en disolución., Si conocemos la concentración de una solución, esta puede servir como instrumento de medida de elevada precisión (Santacoloma, 2004).

Junto con el agua que es el disolvente de multitud de sustancias, puede servir cualquier líquido tanto orgánico como inorgánico. Para que una sustancia sea soluble debe guardar una cierta relación con el disolvente.

El método de disolución se basa en obtener el resultado de una mezcla a nivel molecular o iónico de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí, cuyos componentes se encuentran en proporciones variables. Se puede definir como una mezcla homogénea formada por un disolvente o uno o varios solutos. Este término también es utilizado para hacer

referencia al proceso de disolución, de acuerdo con Jons Jacob Berzelius, la diferencia entre solución y disolución fue señalada por Antoine Lavoisier, la cual se desarrolló como un método fácil y directo para obtener resultados aplicados en guías químicas de laboratorio.

5.3.2 MÉTODO CARTOGRÁFICO ARCGIS

Debido a la necesidad de integrar el conocimiento científico a otras disciplinas, se hace necesario encontrar análisis que permitan manejar la información con base espacial. Por esta razón. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta especial para estos proyectos ya que se puede utilizar información variada que facilita el análisis simultáneo de un mismo problema (Arancibia, 2008).

SIG está diseñado para trabajar con datos referenciados con respecto a coordenadas espaciales o geográficas así como trabajar con distintas bases de datos de manera integrada, permitiendo así generar información gráfica en este caso los mapas útiles para la toma de decisiones. Estos mapas ayudan a condensar varios aspectos de la realidad de una zona el cual tiene como objetivo reconocer la existencia de patrones espaciales sobre algún fenómeno de interés el cual se va a estudiar. Para lo cual se debe considerar algunos aspectos básicos:

- En primer lugar se debe comprender el problema al cual se quiere dar ayuda con la creación de un mapa, ya que al entender los antecedentes de la investigación será más sencillo determinar los análisis que son necesarios.
- Es necesario obtener datos fiables y sobre todo que sean adecuados para los objetivos que fueron planteados. Se debe considerar que los datos correspondan con toda el área de interés, y que se encuentren referenciados y tenga la información necesaria que sea de utilidad para la toma de decisiones.
- Es importante generar un diagnóstico de datos para conocer el tipo de información que se ha obtenido, la distribución en la que se encuentra y ordenarla de acuerdo a nuestros intereses para diseñar la cartografía final.
- Se debe contar con un programa informático en SIG, ya sea alguno de versión libre o aquellos que requieran de la compra de una licencia, en nuestro caso usamos ArcGis

10.3.1. esta versión cuenta con mejoras considerables en cuanto a geoprocesamiento ya que permite la creación de herramientas especializadas.

5.4 INSTRUMENTOS

5.4.1 Global Positioning System (GPS)

Se utilizó el GPS marca Germin, el cual cuenta con navegación avanzada y funciones inteligentes que permite obtener una mejor georeferenciación de una manera cómoda y segura abarcando todos los lugares que se requieren recorrer y a su vez obtener la toma de puntos.

Se llevó a cabo el levantamiento de alta precisión geodésico en el cual se utilizó el equipo de medición de tecnología más avanzada como es el Sistema de Posicionamiento Global en el cual se determinó las coordenadas de cada punto que fue muestreado para su análisis.

Se recorrieron los dos terrenos con los diferentes sistemas de riego establecidos para el muestreo cada uno con la toma de puntos, con la ayuda del GPS en coordenadas X y Y, junto con la Altura, obteniendo así la información necesaria para la georeferenciación en la interpretación de los resultados.

Para luego procesar la tabla de Excel en donde se aumentó el análisis que se realizó en la toma de muestra de cada punto en este caso la conductividad eléctrica, analizada en unidades de dS/m. y esta tabla en Excel fue procesada en el Sistema Informático ArcGis para continuar con los objetivos de investigación.

5.4.2 CONDUCTÍMETRO

El Conductímetro es un dispositivo que mide la Conductividad Eléctrica, la PUCESI cuenta con un laboratorio muy bien equipado el cual cuenta con este dispositivo necesario para este tipo de análisis, el cual ofrece una medición directa al momento de ingresar el dispositivo en la disolución ya realizada anteriormente.

El dispositivo dio los resultados de Conductividad Eléctrica en cada muestra establecida de una manera rápida y confiable, el cual es expresado en unidades de μS (microsiemens), por lo cual para su comparación se procede a transformar a las unidades establecida en este caso dS/m (descisiemens) con el cual se analiza la concentración de sales que se encuentran en cada uno de los puntos a muestreo.

5.4.3 MAPAS CARTOGRÁFICOS

La información se la proceso de manera digital y en sistema espacial de referencia proyección Universal Transversa de Mercator – UTM y datum World Geodetic System año 1984 que se lo conoce mejor por sus siglas WGS 84.

Se empleó la informática basada en SIG, utilizando la herramienta de información ArcGis aplicadas a las cartografías, las mismas que permitieron el análisis automático de los datos y la obtención de mapas con los factores analizados por medio de la conductividad eléctrica. Toda la información que se obtuvo con la ayuda del sistema informático ArcGis 10.3.1 se basó para cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

5.5 PROCEDIMIENTO

5.5.1 FASE DE CAMPO

5.5.1.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA

La fase de campo se la desarrolló en los meses de Agosto – Septiembre 2017 esta fase tuvo entre unos de los principales objetivos el recorrido de los sectores de la hacienda “Calera” los cuales son el sistema de riego por goteo con 26.76 hectáreas y el sistema de riego por aspersión con 30.77 hectáreas ubicados en IANCEM, los cuales dan una totalidad de 57.53 ha. En la provincia de Imbabura por medio de un croquis o plano sencillo de las superficies de los lotes, el cual presenta las características más relevantes de la hacienda como son las partes

altas y bajas, planas o inclinadas, vegetación alta, media o baja y las áreas trabajadas, con lo cual se hará más fácil el recorrido y la toma de datos de cada uno de los lotes a muestrear.

Los lotes del sistema de riego por goteo se dividen en 6, y los lotes del sistema de riego por aspersión se dividen en 4, presentándose cada uno con su respectiva superficie para de esta manera realizar el muestreo necesario, los lotes se explican a continuación:

Sistema de Riego por Goteo

Tabla 3 Lotes por Hectáreas

NOMBRE	SUPERFICIE (ha)
LOTE A	12,59
LOTE B	7.75
LOTE C	1.26
LOTE D	0.64
LOTE E	0.64
LOTE F	3.90
TOTAL	26.76

Fuente: El autor

Sistema de Riego por Aspersión

Tabla 4 Lotes por Hectáreas

NOMBRE	SUPERFICIE (ha)
LOTE G	13,97
LOTE H	4,2
LOTE I	8.40
LOTE J	4,2
TOTAL	30.77

Fuente: El autor

5.5.1.2 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y AGUA DE LOS LOTES DE LA HACIENDA:

Se recorrió los lotes tanto del sistema de riego por goteo como el sistema de riego por aspersión ordenadamente adquiriendo una muestra cada 100 metros a una profundidad de 30 cm. Se realiza esta técnica de muestreo debido a la distancia que presentan los lotes, para así obtener puntos significativos de cada lote que se recorre, abarcando así un análisis más eficiente en su totalidad en los lotes de la hacienda.

De cada punto obtenido en cada lote con la ayuda del GPS se adquirió información de las coordenadas geográficas tanto para la muestra de suelo y agua.

La toma de muestra de suelo se realiza con la ayuda de una pala de campo la cual se excava de 20 a 30 cm de profundidad para así tener una muestra más fresca del suelo en su totalidad la cual está ligada al sistema de riego que presenta cada lote por lo que se necesita ese nivel de profundidad.

Se traslada a las fundas ziploc que se encuentran con su respectivo código y numeración de cada lote, las cuales son de material de plástico, que no perjudica la composición del suelo al momento de introducirla y trasladarla hasta el momento de su análisis.

Para la toma de muestra de agua, de la misma manera se procede a tomar la muestra en un envase de plástico de 100ml para su respectivo análisis en laboratorio.

5.5.2 FASE DE LABORATORIO

5.5.2.1 ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LABORATORIO (MUESTRA SUELO)

Se trasladó las muestras recopiladas en la fase de campo para su respectivo análisis cumpliendo con el segundo objetivo el cual consiste en el análisis de los datos obtenidos en

campo los que son realizados en el laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, donde se realizó el siguiente proceso:

- Se realizó el método de dilución para cada una de las muestras de suelo tomadas, descrita en la guía de laboratorio utilizada en la Universidad.
- Se colocó 5 gr de muestra de suelo en un vaso de precipitación.
- Se añadió 100 ml de agua destilada en la muestra establecida.
- Se dejó reposar a la muestra por 30 minutos para que se equilibre en su totalidad luego de ser mezclada.
- Se procedió a trasladar la muestra en un embudo cubierto con papel filtro para evitar que caiga sustrato en la solución, para una mayor facilidad se exprimió la muestra con una espátula para obtener la dilución más rápidamente.
- Una vez que se obtuvo la totalidad de la disolución filtrada, con el uso de EL CONDUCTIMETRO se procede a realizar la medida de la Conductividad Eléctrica de cada una de las muestras de suelo tomadas.
- Para realizar las lecturas de conductividad eléctrica se introduce el sensor directamente en el cuerpo de agua o en el vaso de precipitación donde se encuentra la muestra y se genera automáticamente la lectura por el instrumento, dando el resultado de la medición en unidades de μS (microsiemens), el mismo que para su interpretación se realizó la conversión de unidades a dS/m (decisiemens).

5.5.2.2 ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LABORATORIO (MUESTRA AGUA)

- Se trasladó la muestra recogida en campo a un recipiente cilíndrico de vidrio o vaso de precipitado.
- Se utilizó el mismo método descrito anteriormente, ya que la muestra se encuentra en estado líquido se procede a realizar la medición directamente.
- Se introdujo EL CONDUCTIMETRO en la muestra de agua y se realizó la medida de la Conductividad Eléctrica en la muestra de agua. Obteniendo la lectura de la

medición en unidades de μS (microsiemens), el mismo que para su interpretación se realizó la conversión de unidades a dS/m (decisiemens).

Con el método de dilución se está reduciendo la concentración de la sustancia en una disolución, la cual consiste en rebajar la cantidad de soluto por unidad de volumen de disolución. Esta disolución tanto al principio como al final contara con la misma cantidad de moles, lo cual no perjudicara la toma de datos que necesitamos.

5.5.3. ANÁLISIS DE DATOS CON PROGRAMA INFORMÁTICO ARCGIS

Para procesar la matriz que se utilizó descrita anteriormente en instrumentos se realizó el procedimiento descrito a continuación, se ingresó estos datos en el programa informático ArcGIS 10.3.1 ligados por la coordenada de referencia.

Lo que permitió analizar cada uno de los lotes y la intensidad de Conductividad Eléctrica de cada punto de la siguiente manera:

- Se creó un shape que constaba de cada punto de referencia tomado en campo por medio del GPS, con su respectiva tabla de atributos.
- Se dibujó el polígono perteneciente a cada lote que fue muestreado.
- Con la opción que ofrece el programa ArcGIS denominada Interpolación que se encuentra en ArcToolbox, se establecen los valores desde el más significativo hasta el menos significativo de Conductividad Eléctrica.
- El cual nos dio como resultado un mapa temático de cada lote en el que se representa claramente los valores y los puntos en los cuales significativamente se expresan las concentraciones más altas de Conductividad Eléctrica en el suelo.

5.6 MEDIOS DE COMPARACIÓN

Para establecer los rangos de Salinidad que indican los suelos, se tomó en cuenta los datos establecidos según el criterio de evaluación de la USDA, Departamento de Agricultura de los

Estados Unidos, ya que tiene como propósito desarrollar y ejecutar políticas de agricultura, la cual sirve para analizar la base de datos obtenidos en nuestra presente investigación.

La USDA dentro de sus departamentos cuenta con el US Salinity Laboratory STAFF, este laboratorio de Salinidad establecido para diferenciar y reconocer la problemática de los suelos salinos, estableció en rango en base a criterios de investigación analizados por dicho departamento en donde se expresan los rangos a tomar en consideración para el análisis de suelos en base a su salinidad, el cual fue estimado en unidades de dS/m para su interpretación.

Tabla 5 Conductividad Eléctrica expresada en dS por metro.

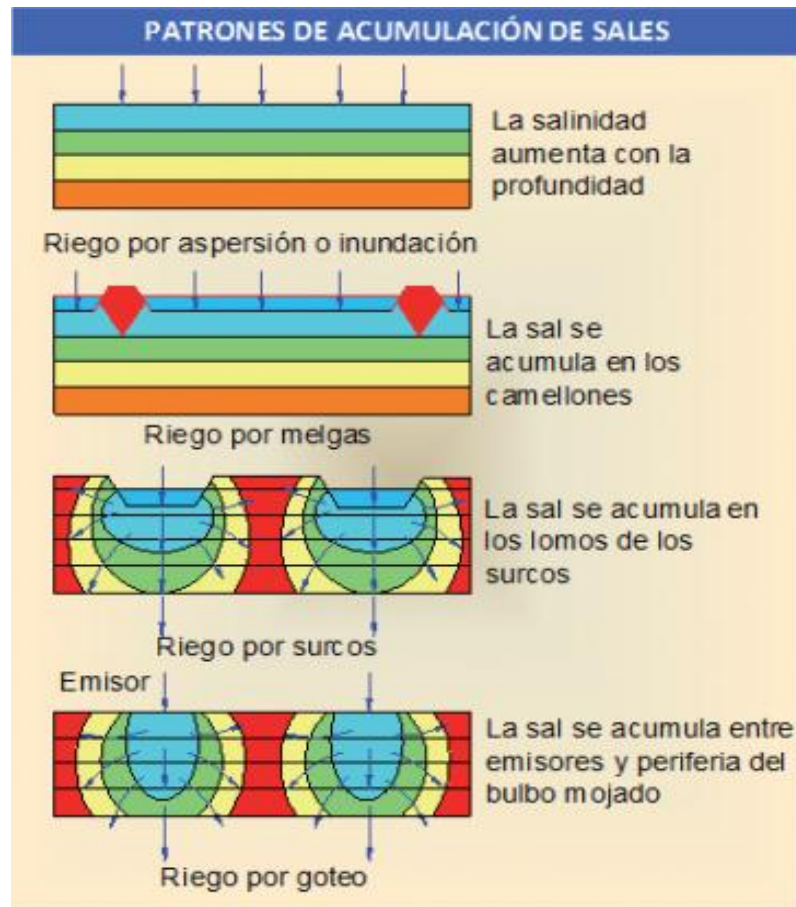
CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: United States Department of Agriculture - U.S Salinity Laboratory (USSL, 2014)

Una vez que se establecieron estos rangos de conductividad eléctrica, se procede a la interpretación de los resultados analizados en laboratorio, los cuales se realizaron con el Conductímetro, establecido en unidades de dS/m, para proceder con el objetivo final que es la elaboración de los mapas cartográficos donde a su vez se expresan cada uno de los terrenos de acuerdo a su sistema de riego presente, indicando la ponderación en base a la salinidad que presenta el terreno de acuerdo a cada punto tomado.

Basándonos en el sistema de riego existente que presenta cada terreno, se interpreta la salinización del suelo en cada lote, de acuerdo al proceso que cada sistema presenta, el cual se ve reflejado en el rendimiento del cultivo en cada uno de los puntos que fueron tomados a muestreo, para lo cual se tomó en cuenta la siguiente investigación que analiza los sistemas de riego frente a la salinización del suelo en la siguiente gráfica.

Figura 4 Sistemas de Riego



Fuente: (Chavez, 2010)

En la mayoría de los casos la salinización es consecuencia del régimen hídrico que se le aplica, y con frecuencia se debe a la transformación en zona de regadío.

Tomando en cuenta que nuestra investigación cuenta solo con los dos sistemas de riego los cuales son, sistema de riego por aspersión y sistema de riego por goteo, se procede a analizar los efectos que cada uno presenta en la salinización del suelo de acuerdo a cada tipo de sistema existente en los lotes.

Para analizar el rendimiento de los cultivos y su efecto sobre las plantas sembradas, en este caso la caña de azúcar cultivada en cada uno de los lotes de la hacienda, se tomó en cuenta los rangos de acuerdo a la clasificación de la salinidad basada en las medidas de conductividad eléctrica establecidas en unidades de dS/m.

Para establecer el rendimiento en los cultivos en suelos salinos según las medidas de Conductividad Eléctrica se establecieron los siguientes rangos.

Tabla 6 Clasificación de la salinidad

CLASIFICACIÓN DE LA SALINIDAD		
Conductividad Eléctrica (dS/m)	Clasificación	Efecto sobre las plantas
< 0.75	Libre de sales	No hay restricción para ningún cultivo
0.75 - 1.15	Muy bajo en sales	No hay restricción para ningún cultivo
1.15 – 2.0	Ligeramente salino	Afecta el rendimiento de cultivos sensibles
2.0 - 4.0	Medianamente salino	Afecta el rendimiento de casi todos los cultivos
4.0 - 8.0	Fuertemente salino	Afecta el rendimiento de todos los cultivos
12.0 - 16.0	Muy fuertemente salino	Pueden crecer cultivos tolerantes a la salinidad
> 16.0	Extremadamente salino	Ningún cultivo crece rentablemente

Fuente: (Chavez, 2010)

Como fuente de investigación de acuerdo a la tabla comparativa se puede analizar el efecto que la cantidad de sales presenta sobre los terrenos que fueron muestreados, una vez que los mapas cartográficos se presenten basados en la ponderación establecida anteriormente, se procederá a establecer medidas de manejo y conservación para los terrenos que presenten mayor contenido de sales que a su vez afecta significativamente en el proceso de producción del cultivo.

5.7 MEDIDAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Según (Lutenberg, 2008) Las sales en el agua de riego son uno de los principales causantes de salinización de los suelos la irrigación se debe plantear y manejar de modo que se pueda mantener un óptimo balance de sales en la zona radical. Un balance de sales favorable ocurre cuando la cantidad de sales que entran a la zona de raíces es menos o igual a la cantidad de sales en el agua de drenaje.

La clasificación de aguas para riego es la relación a posibles problemas de salinización y sodificación de los suelos, se basa fundamentalmente en el contenido absoluto y relativo de sales.

Para evitar una salinización progresiva del suelo se recomienda:

- Un uso eficiente del agua de riego en el terreno.
- Aplicar lavados para disminuir la concentración de sales en la zona de raíces.
- Mantener el nivel freático por debajo de la zona de raíces.
- Evacuar los excesos de agua y sales con drenajes superficiales o subterráneos.

La utilización adecuada del agua de riego requiere que se alcance un equilibrio entre la salinidad del suelo y la del agua, de modo que esta no limite la producción de los cultivos. De tal manera que entre mejor sea la calidad del agua, con mayor facilidad se alcanzará un nivel óptimo de salinidad en la zona radicular (Lutenberg, 2008).

Como otra medida de manejo para suelos salinos se presenta dos enfoques principales para su recuperación, uno es acelerar el proceso de desalinización del suelo por lixiviación de sales en el perfil, y el otro mejorar la tolerancia al estrés salino de las variedades de cultivos existentes. Estas medidas son especialmente importantes para la agricultura sostenible en los países en desarrollo (Banda, 2014).

La recuperación de suelos salinos es esencialmente el proceso donde la solución de suelo con alta concentración de sales es reemplazada por otra menos salina. La concentración y los mecanismos de transporte de sales de la solución del suelo responden a mecanismos que controlan la eficiencia de la lixiviación. La eficiencia en la lixiviación se mide a partir de la cantidad de sales removida desde la zona de las raíces, y esta depende de la concentración de sales y la distribución en el suelo, la composición de los solutos, la estructura de suelo y los métodos y manejos de sistema de riego (Araujo, 2011).

5.7.1 LIXIVIACIÓN

El artículo realizado por (Banda, Riviera, & Zamora, 2014) indica que esta necesidad está determinada por la tolerancia del cultivo a la salinidad y por la salinidad del agua de riego. La fracción de lixiviación es el exceso de agua y está expresado como el porcentaje de la cantidad de agua de riego para lograr el efecto deseado.

Para el aumento del volumen de agua de riego en función de la necesidad del lavado de sales, en caso de tener que considerar un lavado, el aumento en la cantidad de agua se calculará de la siguiente manera.

$$\text{FL por CE (\%)} = \frac{\text{C.Ee}}{\text{C.Eu}} \times 100 \quad (16)$$

En donde:

FL = Fracción de Lavado

C.Ee = Conductividad Eléctrica del suelo

C.Eu = Conductividad Eléctrica Límite de Tolerancia = 16

Un ejemplo práctico tomado como base una muestra de suelo aplicado por un sistema de riego establecido en CE 4 dS/m, resultaría de la siguiente manera:

$$\text{FL} = (4/16) \times 100 = 0.25 \times 100 = 25 \%$$

Esto implica un aumento constante del 25 % del agua de riego para poder efectuar un lavado de sales continuo y efectivo.

Otros métodos eficientes para mitigar la salinidad y proteger al cultivo:

- Aplicación de materia orgánica al suelo.
- Esparcir yeso durante la preparación del suelo.
- Drenaje apropiado que permita la lixiviación.
- Programar el riego, tomando en cuenta una fracción del lavado de sales por debajo del sistema radical.
- Control y monitoreo de fuentes de agua para asegurar y prevenir la salinidad de los suelos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 MAPAS DE SALINIDAD

SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

LOTE A

Como resultado final de los datos obtenidos por medio de la fase de campo y la fase de laboratorio, el Lote A cuenta con una extensión de 12, 59 ha, forma parte del sistema de riego por goteo. Realizando el muestreo al azar se obtuvieron un total de 21 puntos tomados a una profundidad de 30cm distribuidos en todo el terreno abarcando la información suficiente que se necesita para su interpretación.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

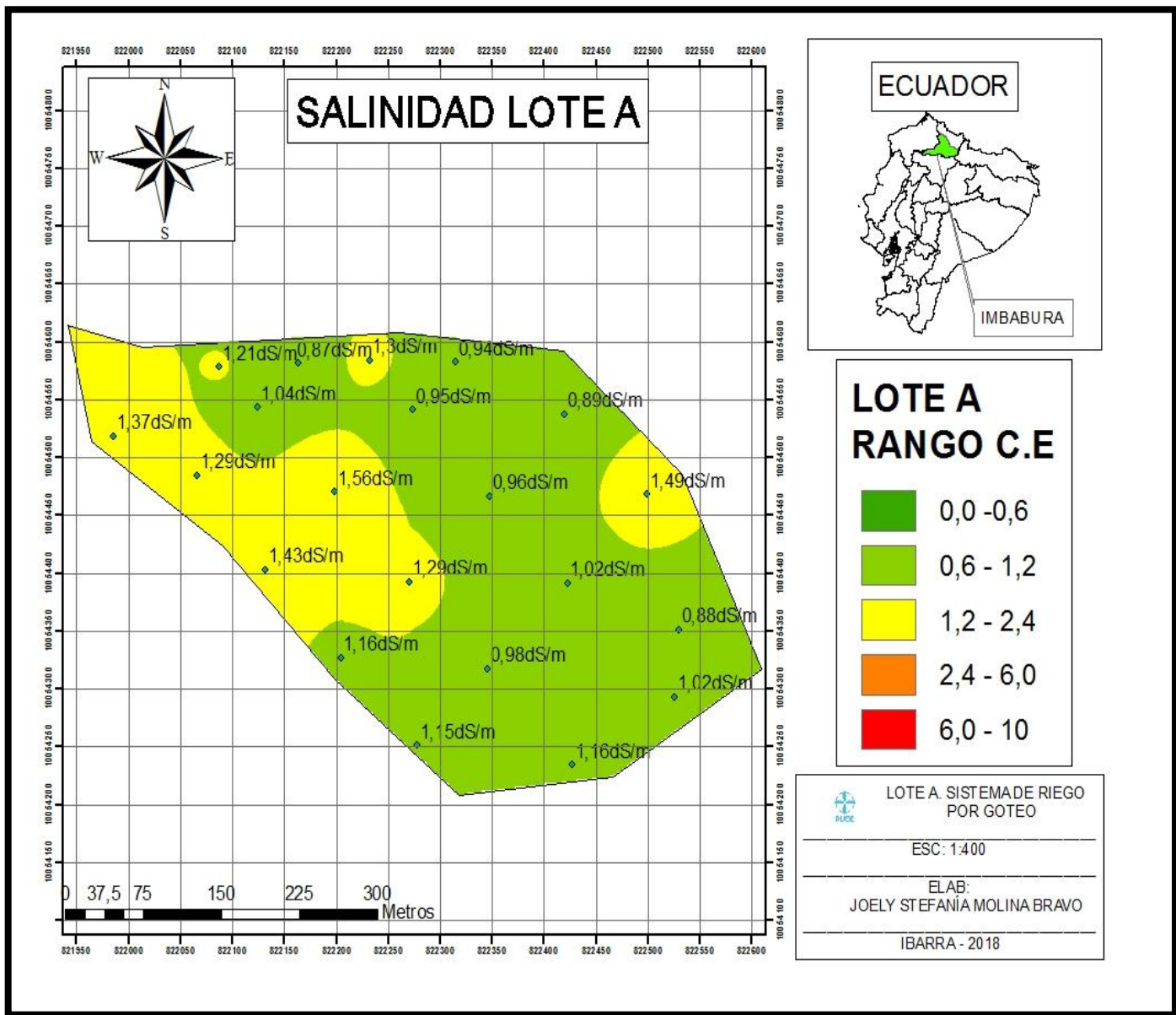
Los rangos de conductividad eléctrica del Lote A oscilan entre las ponderaciones de 0,6 a 1,2 y de 1,2 a 2,4 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su rango este suelo se encuentra entre Poco Salino y Salino.

Encontrándose así como resultado el porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 7.59 ha, lo que equivale al 60.29% y en el rango Salino una extensión de 5 ha, lo que equivale a un 39.71% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar así la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta los puntos obtenidos de mayor concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo que a diferencia de los puntos que se ubican en la parte central del terreno, en donde no se presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo del cultivo según la fuente de (Chavez, 2010) en el lote A según los análisis de conductividad

elétrica realizados se presenta en el rango de 0,75 a 1,15 que no afecta a la producción de los cultivos, lo que indica que la mayoría del terreno no se encuentra con altas concentraciones de salinidad según el análisis respectivo realizado.



Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

Figura 5 Mapa de Salinidad Lote A

Fuente: El Autor

LOTE B

El Lote B cuenta con una extensión de 7,75 ha. Forma parte del sistema de riego por goteo. Realizando la fase de campo se obtuvo un total de 13 puntos tomados con el método de muestreo al azar para la toma de muestras de suelo en todo el terreno, los cuales se tomaron cada 100 metros a una profundidad de 30cm, de esta manera se abarco la información necesaria en todo el terreno para su respectivo análisis.

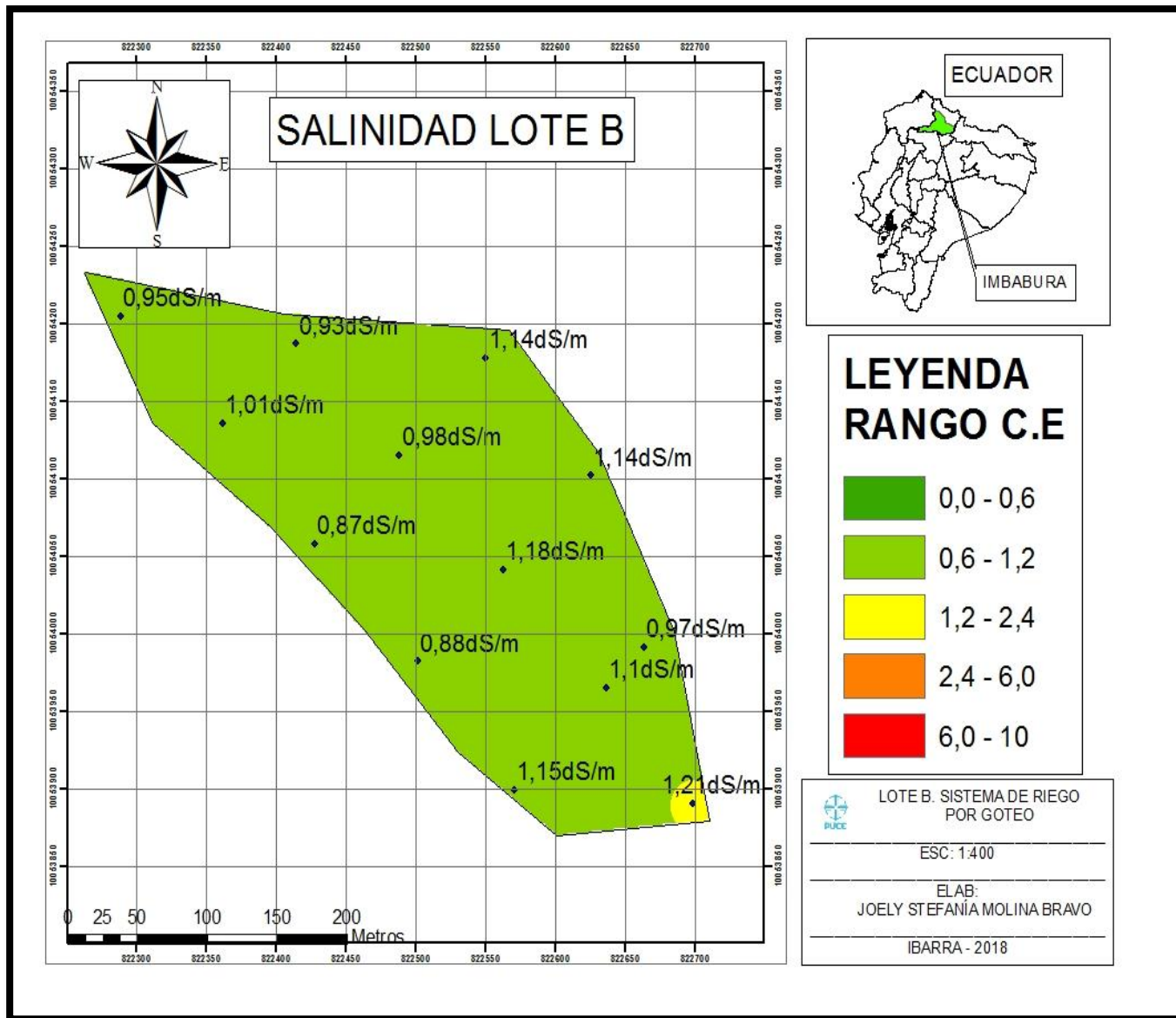
De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

El Lote B se encuentra en el rango de conductividad eléctrica establecido de 0,6 a 1,2 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su estipulación este suelo es Poco Salino en su mayoría, ya que este terreno al ser una superficie plana su sistema de riego abarca todo el terreno haciendo que no exista una acumulación significativa de sales.

Encontrándose así como resultado el porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 7.69 ha, lo que equivale al 99.23% y en el rango Salino una extensión de 0.06 ha, lo que equivale a un 0.77% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este lote. Tomando en cuenta que el terreno no presenta altas concentraciones de sales en su mayoría, y a su vez no presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de dS/m 0,75 a 1,2 que no afecta a la producción de los cultivos y de la planta ya que este rango indica que el suelo es Ligeramente Salino, y no se observan alteraciones al cultivo por concentraciones significativas de sales sino que se puede observar un alto rendimiento y producción del mismo al no encontrarse dentro de un rango de afectación por sales.



Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

Figura 6 Mapa de Salinidad Lote B

Fuente: El Autor

LOTE C

El Lote C cuenta con una extensión de 1,26 ha. Forma parte del sistema de riego por goteo. Es una extensión pequeña por lo cual se realizó el método de muestreo en donde se obtuvo un total de 5 puntos, tomados a una profundidad de 30cm distribuidos en todo el terreno abarcando la información suficiente que se necesita para su interpretación.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

Los rangos de conductividad eléctrica en el Lote C oscilan entre las ponderaciones de 0,6 a 1,2 y de 1,2 a 2,4 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su rango este suelo se encuentra entre suelo Poco Salino y Salino. Al ser un terreno pequeño los puntos a sus extremos presentan mayor contenido en sales debido a que sistema de riego por goteo abarca más el centro del terreno que las esquinas superiores identificadas en el mapa.

Encontrándose así como resultado el porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 0.26 ha, lo que equivale al 20.64% y en el rango Salino una extensión de 1 ha, lo que equivale a un 79.36% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta los puntos ubicados en el extremo superior, que presentan mayor concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo que a diferencia de los puntos centrales donde no se presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de dS/m 0,75 a 1,15 que no afecta a la producción de los cultivos y en el rango de 1,5 a 4 que este a su vez afecta a la producción del cultivo significativamente, donde se logra observar la desmejora en rendimiento del cultivo en los puntos con mayor concentración de sales.

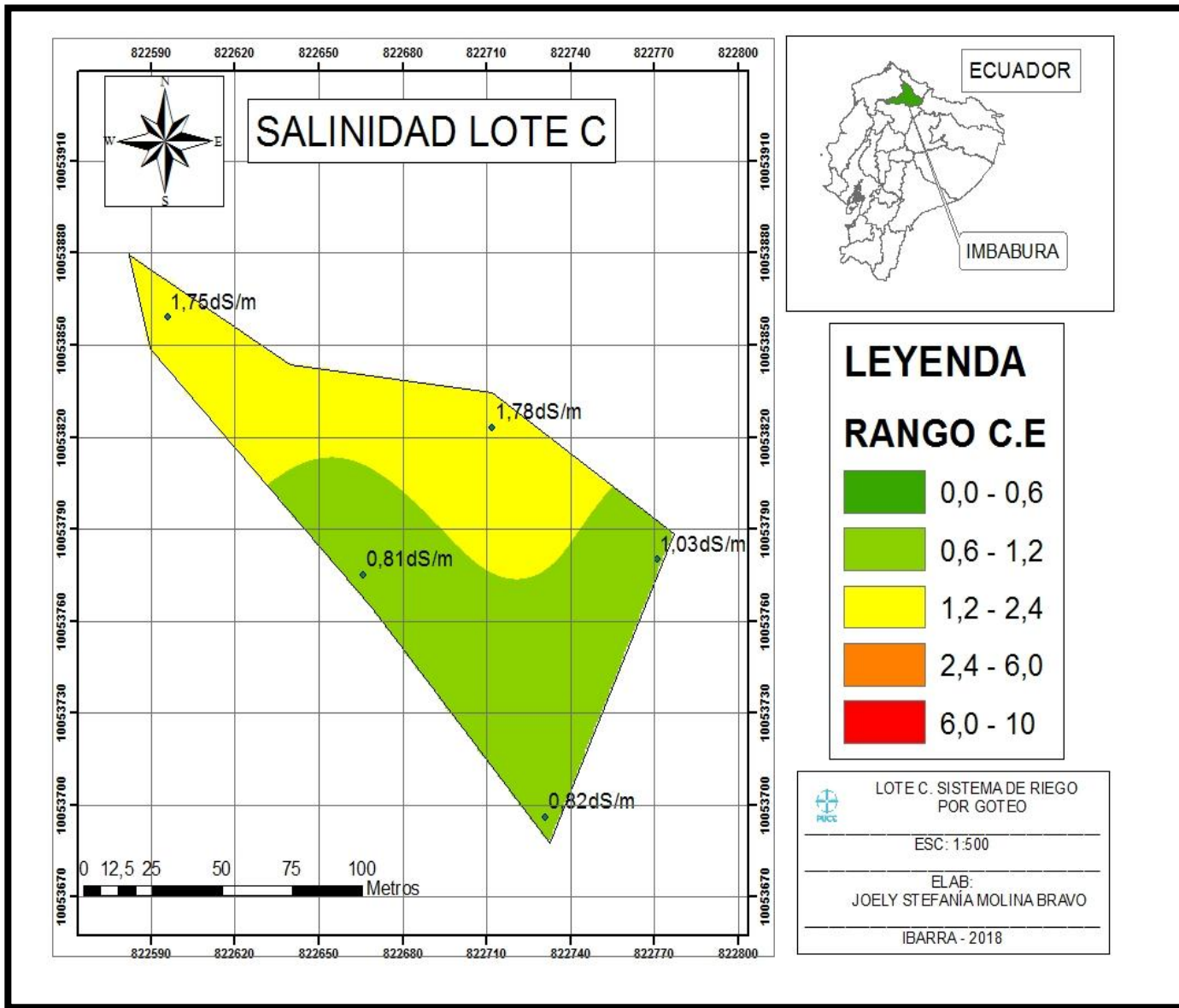


Figura 7 Mapa de Salinidad Lote C

Fuente: El Autor

Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

LOTE D

El Lote D cuenta con una extensión de 0,64 ha. Siendo un terreno muy pequeño se procedió a realizar el muestreo al azar en las partes de las esquinas, cada 100 metros y un punto en la zona más alta del mismo abarcando el terreno en su totalidad, se tomaron un total de 4 puntos a una profundidad de 30 cm. Este terreno forma parte del sistema de riego por goteo.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

Los rangos de conductividad eléctrica del Lote D oscilan entre las ponderaciones de 0,6 a 1,2 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su ponderación este suelo se encuentra entre suelo Poco Salino. Al ser un terreno pequeño solo el punto tomado en la zona más alta ubicada en su extremo presenta un contenido mayor en sales debido al que sistema de riego por goteo abarca más el centro del terreno haciendo difícil que este sistema llegue con la misma intensidad y eficiencia al extremo alto, presentándose así mayor contenido de sales en este punto.

Encontrándose así como resultado el porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 0.41 ha, lo que equivale al 64.07% y en el rango Salino una extensión de 0.23 ha, lo que equivale a un 35.93% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo en casi todo el terreno ya que cuenta con un área pequeña en su mayoría la producción del cultivo de caña en este lote es favorable. Tomando en cuenta el único punto ubicado en la zona alta de este terreno que presenta mayor concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo, pero a su vez al ser una extensión pequeña no presenta una alta significancia en cuanto al rendimiento general del cultivo en este lote.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango establecido en dS/m de 0,75 a 1,2 que no afecta a la producción de los cultivos y de la planta ya que este rango

indica que el suelo es Ligeramente Salino, y no se observan alteraciones al cultivo por concentraciones significativas de sales sino que se puede observar un alto rendimiento y producción del mismo al no encontrarse dentro de un rango de afectación por sales.

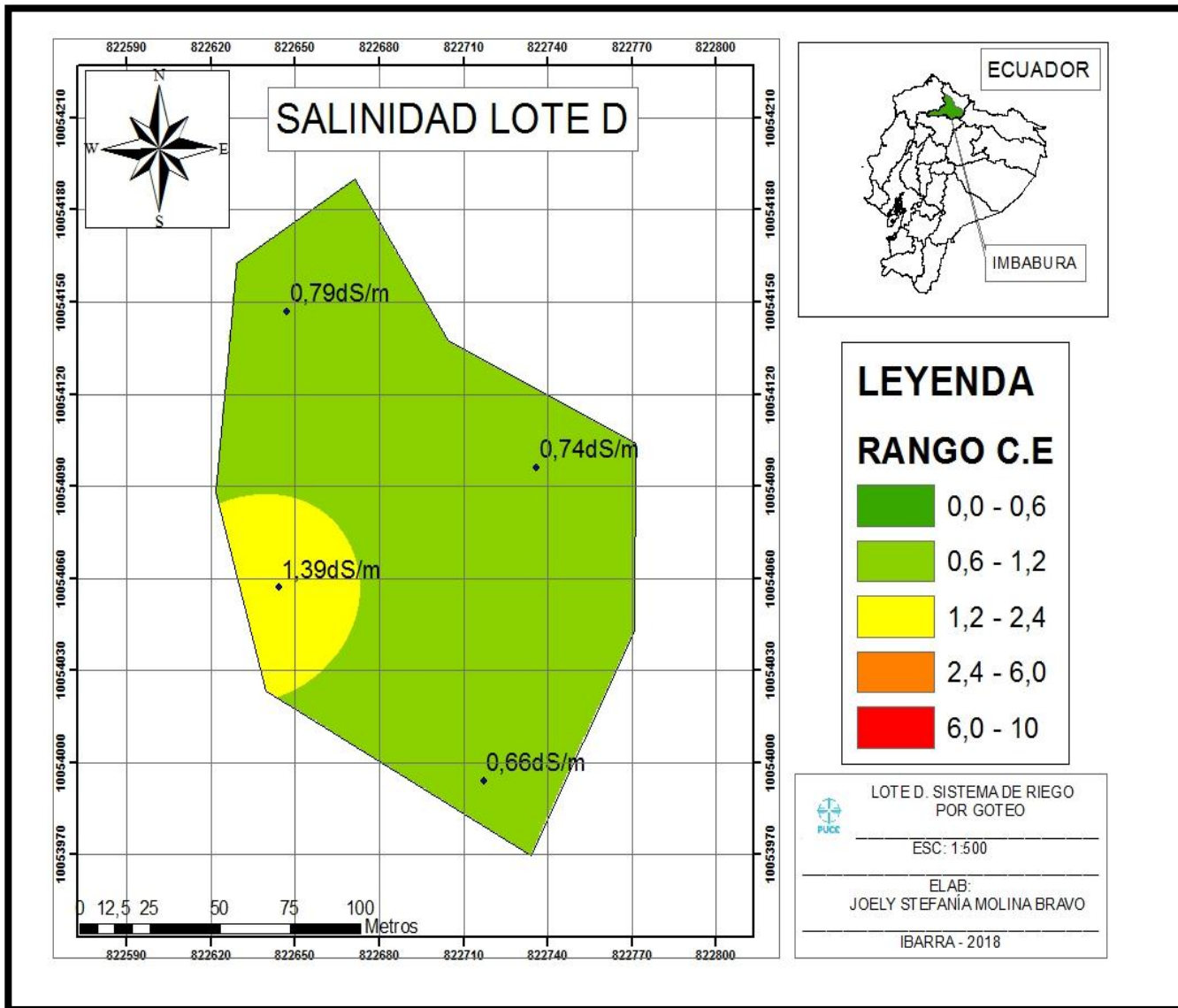


Figura 8 Mapa de Salinidad Lote D

Fuente: El Autor

Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

LOTE E

El Lote E al igual que el Lote D cuenta con una extensión de 0,64 ha. Su superficie en su mayoría es plana, forma parte del sistema de riego por goteo, aplicando el método de muestreo al azar se procedió a realizar la toma de puntos cada 100 metros dando un total de 3 puntos, al ser un terreno muy pequeño y en su mayoría plano se procedió a los puntos en cada esquina a una profundidad de 30 cm.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

El Lote E se encuentra en el rango de conductividad eléctrica de 0,6 a 1,2 dS/m en donde según la tabla que se utiliza para dar su estipulación este suelo es Poco Salino en su totalidad, ya que este terreno al ser muy pequeño y con una superficie plana su sistema de riego abarca todo el terreno haciendo que no exista una acumulación significativa de sales.

Encontrándose así como resultado el porcentaje en el rango Poco Salino en la totalidad de su extensión lo cual equivale al 100% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este lote. Tomando en cuenta que el terreno no presenta altas concentraciones de sales, y a su vez no presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de 0,75 a 1,2 en unidades de dS/m, que no afecta a la producción de los cultivos y de la planta ya que este rango indica que el suelo es Ligeramente Salino, y no se observan alteraciones al cultivo por concentraciones significativas de sales sino que se puede observar un alto rendimiento y producción del mismo al no encontrarse dentro de un rango de afectación por sales.

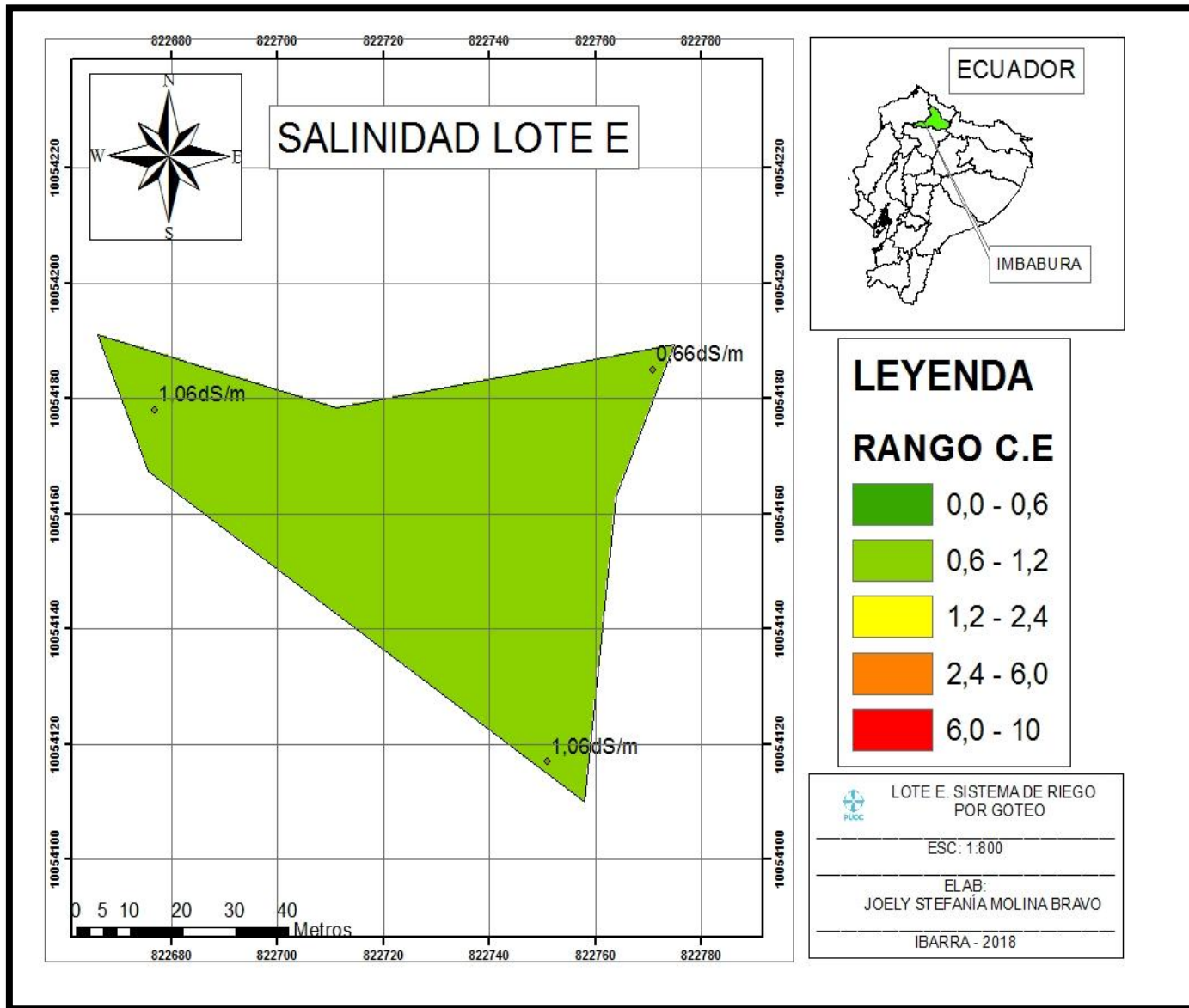


Figura 9 Mapa de Salinidad Lote E

Fuente: El Autor

Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

LOTE F

El Lote F que es parte del sistema de riego por goteo cuenta con una extensión de 3,90 ha, siendo un terreno plano en su mayoría central y en sus dos extremos presenta una pendiente alta, se procedió a realizar el muestreo al azar tomando los puntos cada 100 metros se obtuvieron un total de 12 puntos a 30 cm de profundidad abarcando así el terreno en su totalidad para su análisis.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

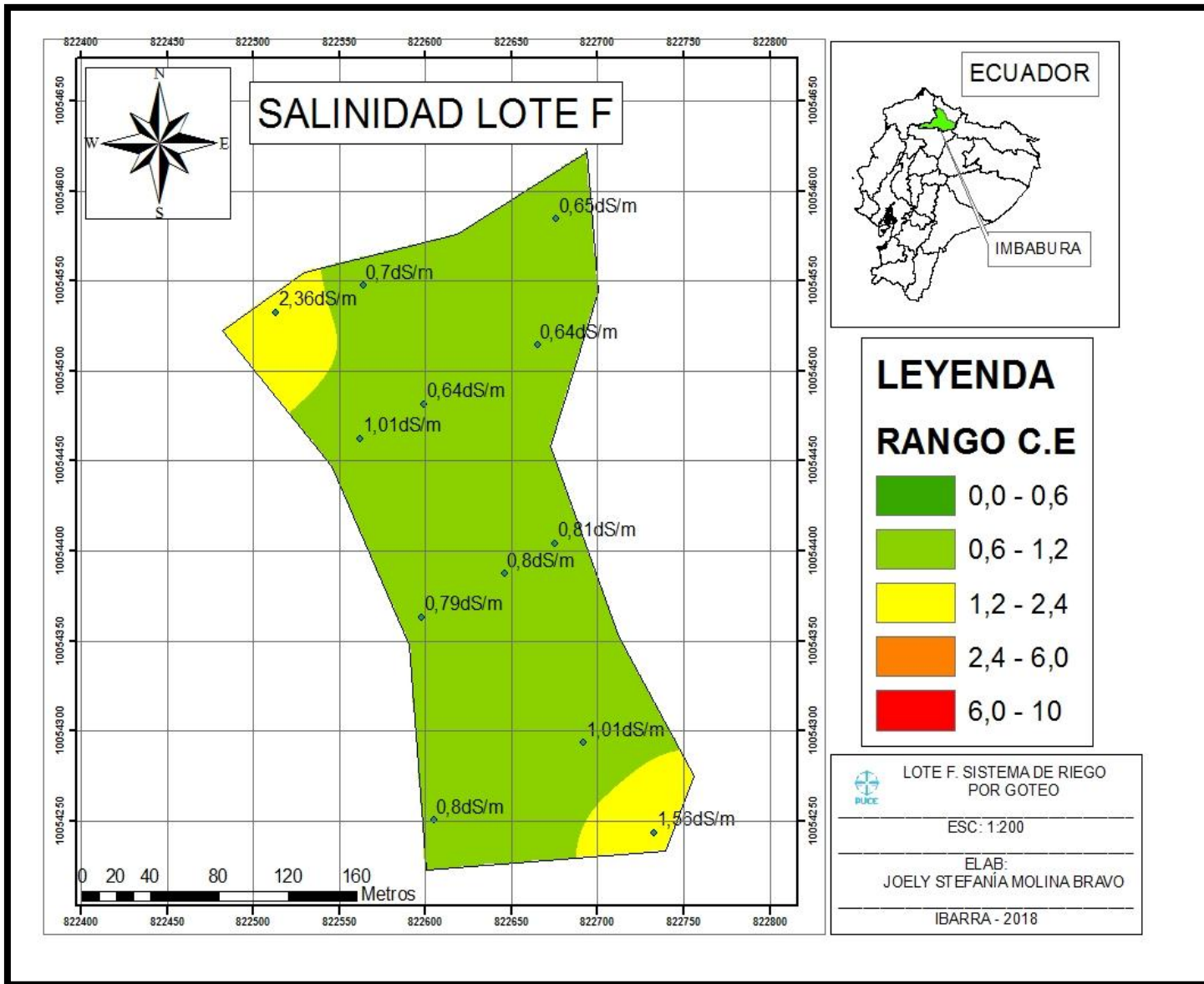
Los rangos de conductividad eléctrica del Lote F oscilan entre las ponderaciones de 0,6 a 1,2 y de 1,2 a 2,4 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su rango este suelo se encuentra entre suelo Poco Salino y Salino. Al ser un terreno con una extensión más o menos grande los puntos ubicados a sus extremos presentan mayor contenido en sales debido al que sistema de riego por goteo abarca más el centro del terreno que los extremos superiores identificadas en el mapa.

Encontrándose así el resultado en porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 3.35 ha, lo que equivale al 85.9% y en el rango Salino una extensión de 0.55 ha, lo que equivale a un 14.10% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta los puntos ubicados en el extremo superior, que presentan mayor concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo que a diferencia de los puntos centrales donde no se presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango con unidades de dS/m entre 0,75 a 1,15 que no afecta a la producción de los cultivos y en el rango de 1,5 a 4 que

este a su vez afecta a la producción del cultivo el cual en este terreno no afecta significativamente en toda la producción ya que en su mayoría se encuentra dentro del suelo poco salino, pero solo los dos extremos identificados presentan la desmejora en rendimiento del cultivo en los puntos con mayor concentración de sales.



Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

Figura 10 Mapa de Salinidad Lote F

Fuente: El Autor

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

LOTE G

El lote G forma parte del sistema de riego por aspersión, este lote cuenta con una extensión de 13.97 ha. Por lo cual al momento de realizar el muestreo al azar se procedió a tomar un total de 15 puntos a una distancia de 100 metros cada uno distribuidos alrededor de todo el terreno, los puntos fueron tomados a una profundidad de 30 cm.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

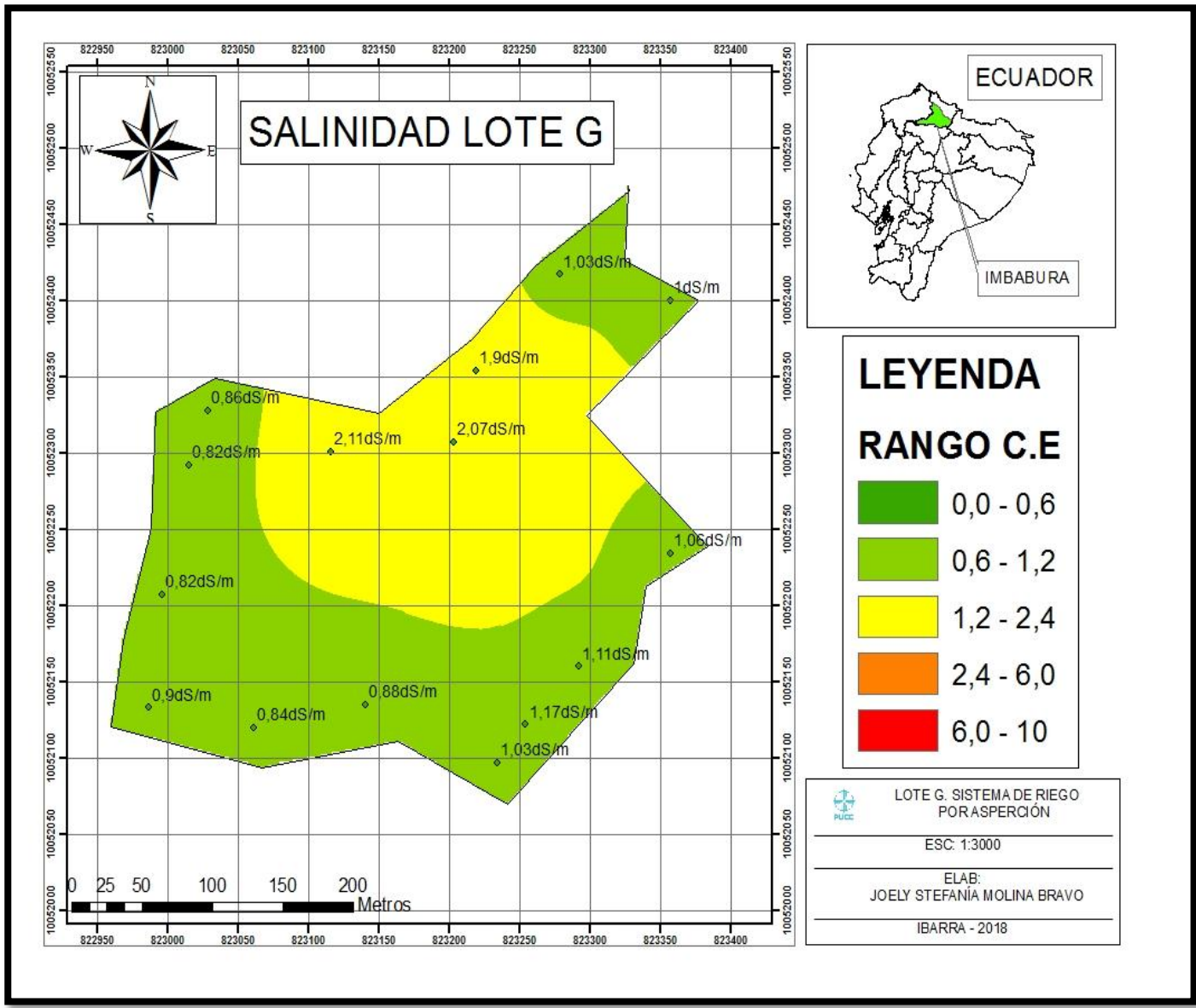
Los rangos de conductividad eléctrica del Lote G oscilan entre las ponderaciones de 0,6 a 1,2 y de 1,2 a 2,4 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su rango este suelo se encuentra entre suelo Poco Salino y Salino. Al ser un terreno con una extensión moderada los puntos ubicados en el centro presentan mayor contenido en sales debido al que sistema de riego por aspersión abarca más las esquinas y las partes más abiertas, que en si la parte central donde se encuentra el problema del terreno identificadas en el mapa.

Encontrándose así el porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 9.97 ha, lo que equivale al 71.37% y en el rango Salino una extensión de 4 ha, lo que equivale a un 28.63% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta los puntos ubicados en el centro del lote, que presentan mayor concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo que a diferencia de los puntos centrales donde no se presenta valores significativos de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango con unidades de dS/m,

entre 0,75 a 1,15 que no afecta a la producción de los cultivos y en el rango de 1,5 a 4 que este a su vez afecta a la producción del cultivo significativamente, donde se logra observar la desmejora en rendimiento del cultivo en los puntos con mayor concentración de sales.



Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Hipersalino

Fuente: (USSL, 2014)

Figura 11 Mapa de Salinidad Lote G
Fuente: El Autor

LOTE H

El lote H cuenta con una extensión de 4.2 ha. Forma parte del sistema de riego por aspersión, para la toma de muestras se realizó el muestreo al azar, lo cual nos dio como resultado un total de 7 puntos, tomados cada 100 metros, la toma de muestras se realizó a 30 cm de profundidad, este terreno presenta una superficie plana, abarcando así los puntos más representativos de todo el terreno.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

Los rangos de conductividad eléctrica del Lote H oscilan entre las ponderaciones de 1,2 a 2,4 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su rango este suelo se encuentra en estado Salino en su mayoría. Los puntos ubicados en el centro y en los extremos inferiores presentan mayor contenido en sales debido a que el sistema de riego por aspersión no está abarcando en su totalidad la cantidad de agua suficiente, demostrándose en el mapa los extremos superiores no presentan un contenido de sales significativo, tomando en cuenta la dirección del sistema de riego que este presenta se puede analizar la problemática.

Encontrándose así el resultado en porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 1.2 ha, lo que equivale al 28.58% y en el rango Salino una extensión de 3 ha, lo que equivale a un 71.42% en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta que la mayoría del terreno se presenta una alta concentración de salinidad tiene una menor producción y rendimiento del cultivo que a diferencia de los dos puntos ubicados en los extremos superiores donde no se presenta una alta concentración de conductividad eléctrica se puede observar un rendimiento más rápido y una mejora en el aspecto del cultivo.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de 1,5 a 4 en unidades

de dS/m, que este afecta a la producción del cultivo significativamente, donde se logra observar la desmejora en rendimiento del cultivo en los puntos con mayor concentración de sales.

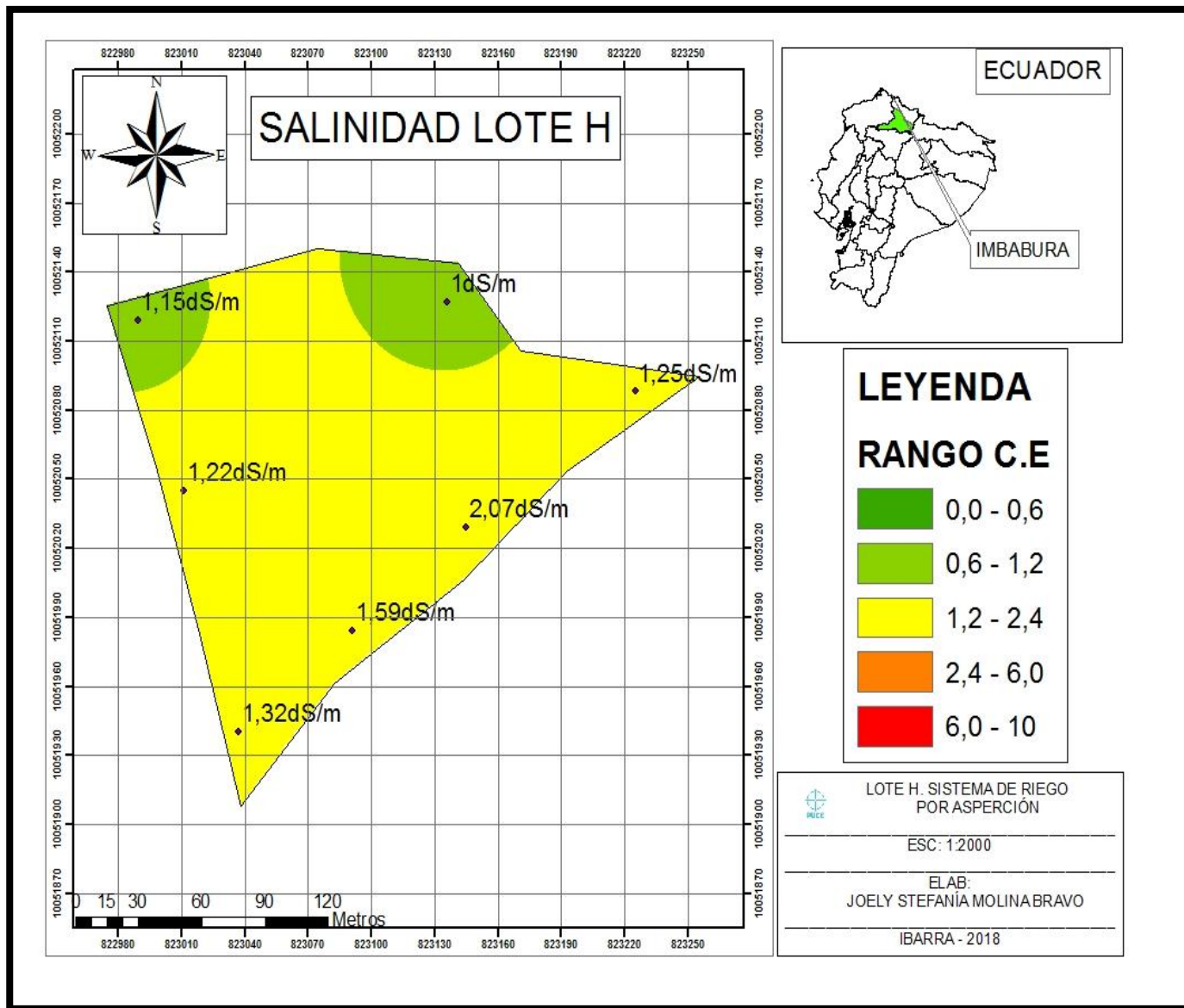


Figura 12 Mapa de Salinidad Lote H
Fuente: El Autor

Rango Comparativo

CE dS/m	VALORACIÓN
<0,6	No Salino
0,6 – 1,2	Poco Salino
1,2 – 2,4	Salino
2,4 – 6,0	Muy Salino
>6,0	Fuente: (USSL, 2014)

Fuente: (USSL, 2014)

LOTE I

El Lote I al igual que el Lote H, cuenta con una extensión de 8,40 ha, estos dos lotes están separados por una carretera que los divide, forma parte del sistema de riego por aspersión, y tiene una superficie plana como el anterior. Para la toma de datos se realizó el muestreo al azar, obteniendo un total de 11 puntos, cada 100 metros a una profundidad de 30 cm, abarcando así el terreno en su totalidad.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

Los rangos de conductividad eléctrica del Lote I oscilan entre las ponderaciones de 1,2 a 2,4 y de 2,4 a 6,0 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su ponderación este suelo se encuentra en estado Salino a Muy Salino en su mayoría. Al ser un terreno con una extensión representativa los puntos ubicados en el centro y en los extremos presentan mayor contenido en sales debido a que el sistema de riego por aspersión no está abarcando en su totalidad la cantidad de agua suficiente que este necesita, demostrándose en el mapa que todo este lote presenta un gran contenido de salinidad, tomando en cuenta la dirección del sistema de riego que este presenta se puede analizar la problemática.

Encontrándose así como resultado en porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 0.04 ha, lo que equivale al 0.1%, en el rango Salino una extensión de 4.21 ha, lo que equivale a un 50.35% y en el rango Muy Salino una extensión de 4.15 ha, lo que equivale al 49.64%, en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede analizar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta que la mayoría del terreno presenta una alta concentración de salinidad y a su vez tiene una menor producción y rendimiento del cultivo, en este terreno la producción es más lenta y no se obtiene como resultado final un buen cultivo, ya que este terreno presenta una problemática mayor que los anteriores terrenos estudiados.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según la fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de 2,0 a 8,0 en unidades de dS/m, que este a su vez indica que afecta fuertemente a la producción de los cultivos y su desarrollo, donde se logra observar la desmejora en rendimiento del cultivo en todo el terreno.

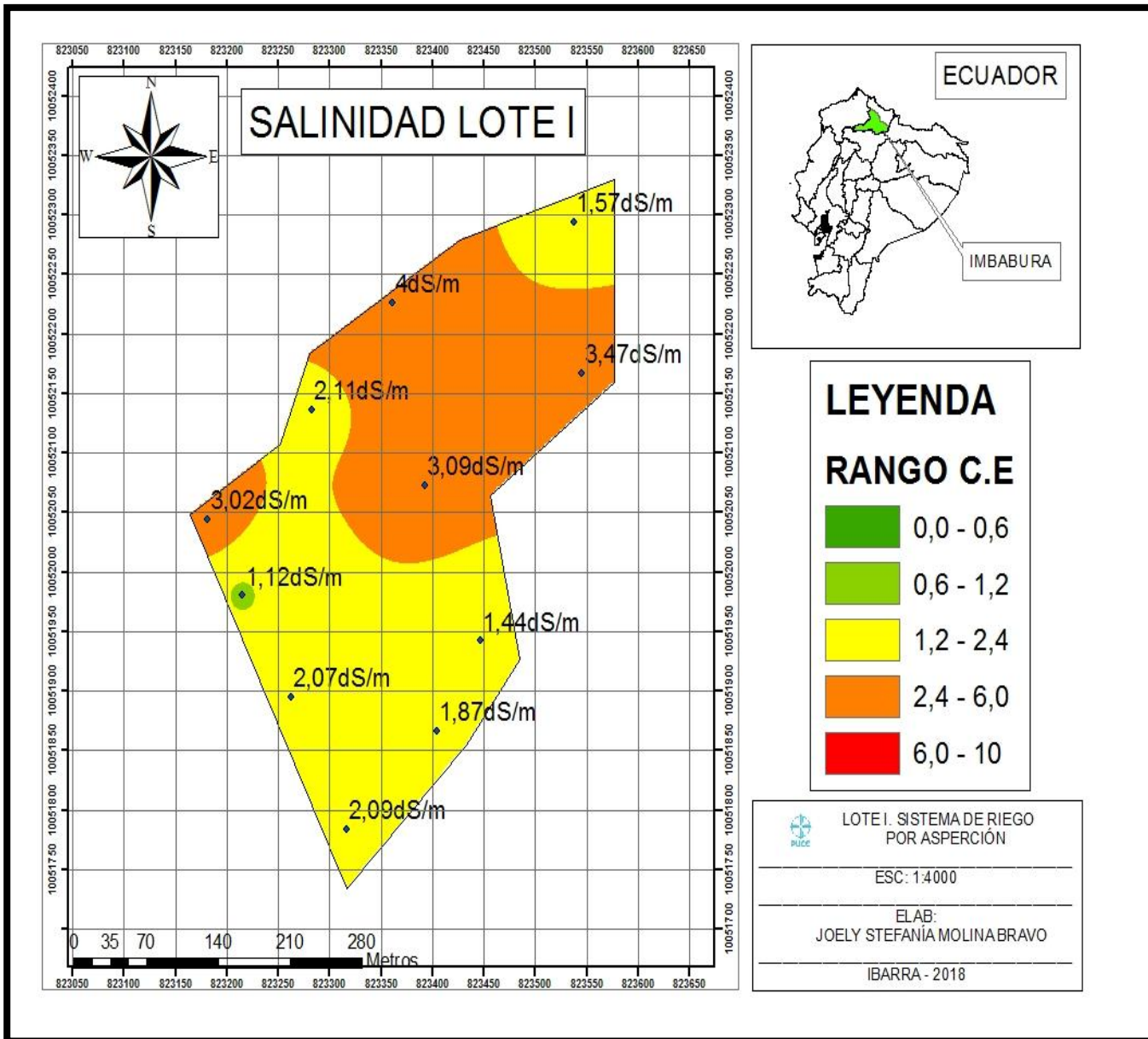


Figura 13 Mapa de Salinidad Lote I
Fuente: El Autor

LOTE J

El Lote J, es el último lote que forma parte del sistema de riego por aspersión, cuenta con una extensión de 4.2 ha. Y presenta pendientes altas, para la toma de datos se realizó el muestreo al azar, obteniendo un total de 9 puntos distribuidos cada 100 metros a una profundidad de 30 cm, en todo el terreno abarcando la información necesaria.

De acuerdo al rango de ponderación establecido en base a la salinidad presente en los suelos, se elaboró el mapa cartográfico, en donde se especifica de una manera clara los puntos y sectores en donde la presencia de sales es mayor que en otras.

Los rangos de conductividad eléctrica del Lote I oscilan entre las ponderaciones de 1,2 a 2,4 y de 2,4 a 6,0 dS/m, en donde según la tabla que se utiliza para dar su ponderación este suelo se encuentra en estado Salino a Muy Salino en su mayoría. Al ser un terreno con una extensión representativa los puntos que están ubicados en la parte de la pendiente alta de este lote presentan mayor contenido en sales debido a que el sistema de riego por aspersión no está abarcando en su totalidad la cantidad de agua suficiente que este necesita, demostrándose en el mapa que todo este lote presenta un gran contenido de salinidad, tomando en cuenta la dirección del sistema de riego que este presenta se puede analizar la problemática.

Encontrándose así como resultado en porcentaje en el rango Poco Salino una extensión de 0.04 ha, lo que equivale al 5.72%, en el rango Salino una extensión de 2.25 ha, lo que equivale a un 58.57% y en el rango Muy Salino una extensión de 1.5 ha, lo que equivale al 35.71%, en cuanto al rango de salinidad existente en todo el lote.

Se puede interpretar la producción del cultivo que se obtiene como resultado final en la extracción de caña de azúcar de este sector. Tomando en cuenta que la mayoría del terreno presenta una alta concentración de salinidad y a su vez tiene una menor producción y rendimiento del cultivo, en este terreno la producción es más lenta y no se obtiene como resultado final un buen cultivo, ya que este terreno presenta una problemática mayor que los anteriores terrenos estudiados.

Las ponderaciones en base a la clasificación de la salinidad y su intervención con el desarrollo de las plantas según a fuente de (Chavez, 2010) se presenta en el rango de 2,0 a 8,0 en unidades de dS/m, que este a su vez indica que afecta fuertemente a la producción de los cultivos y su desarrollo, donde se logra observar la desmejora en rendimiento del cultivo en todo el terreno.

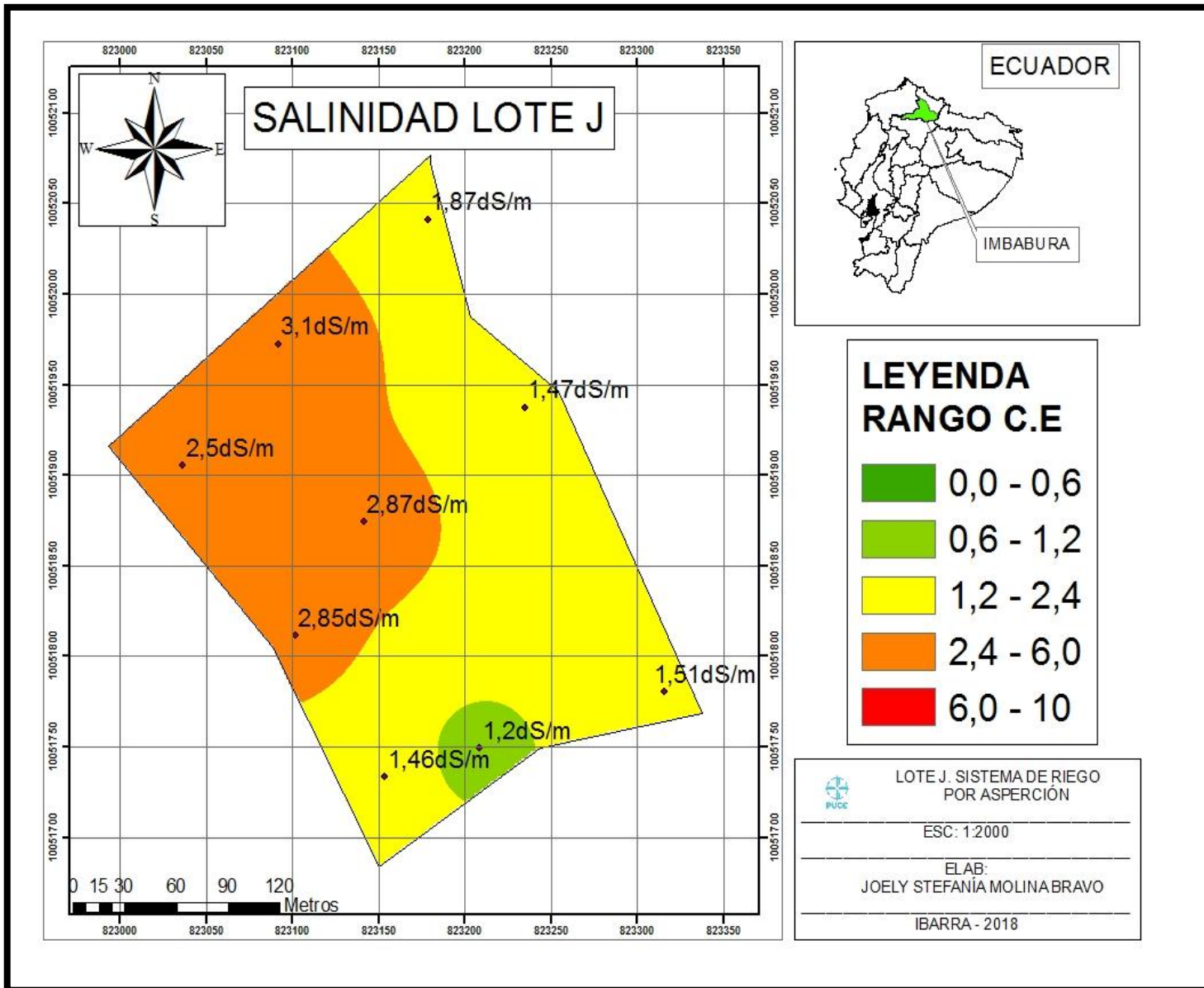


Figura 14 Mapa de Salinidad Lote J
 Fuente: El Autor

6.2 MAPA DE SALINIDAD SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

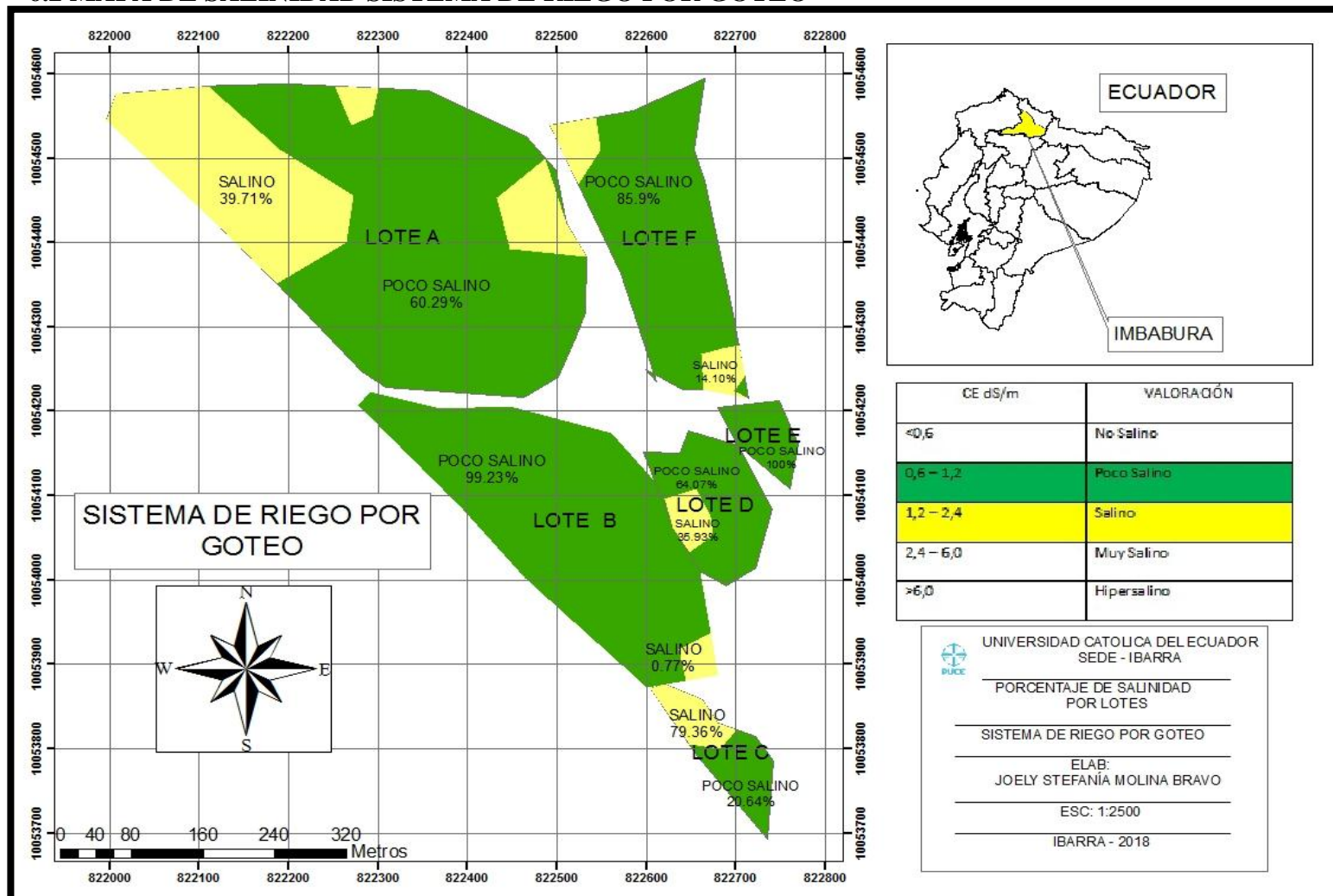


Figura 15 Mapa de Salinidad Sistema de Riego por Goteo
Fuente: El Autor

6.3 MAPA DE SALINIDAD SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

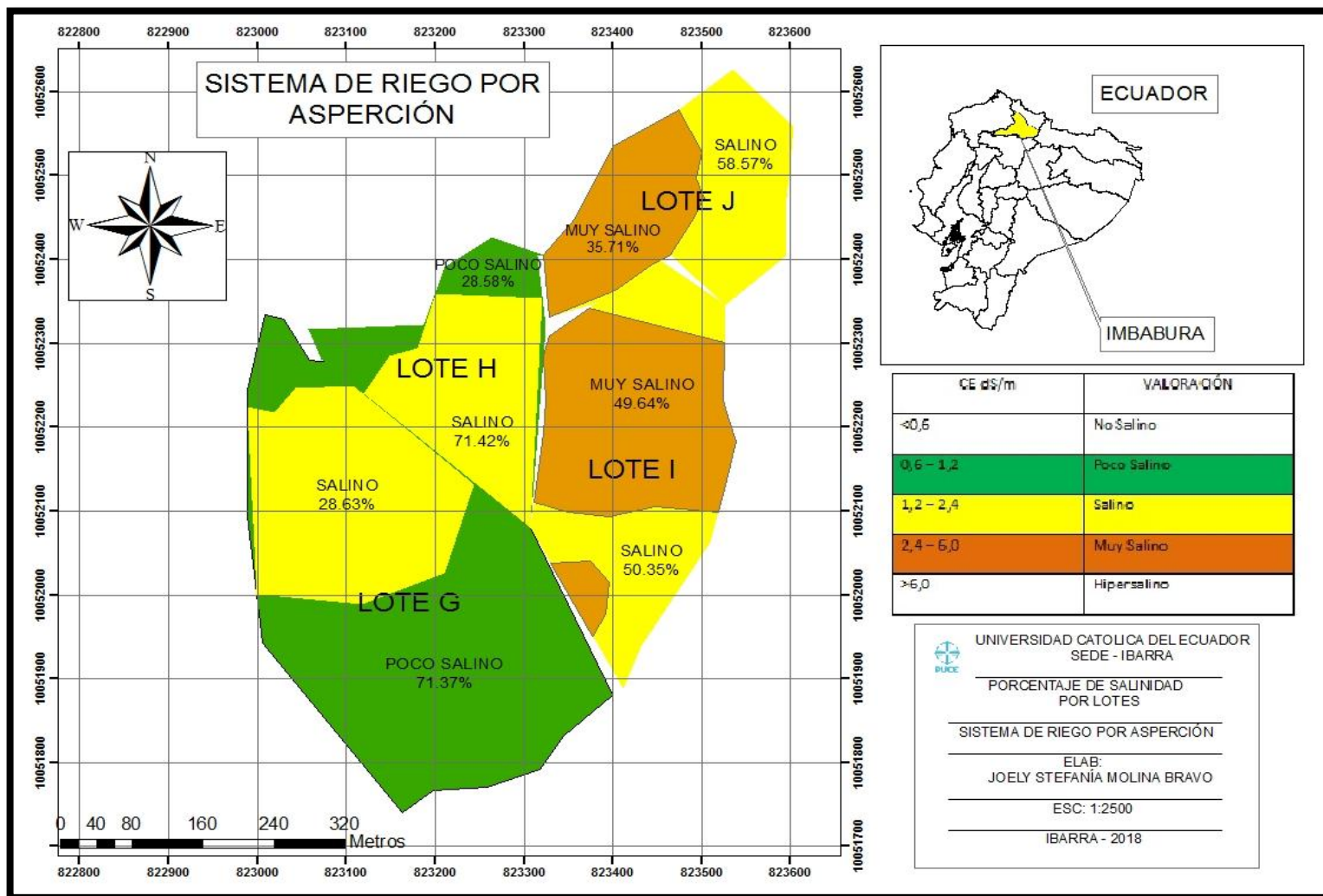


Figura 16 Mapa de Salinidad Sistema de Riego por Aspersión

Fuente: El Autor

6.4 CUADRO COMPARATIVO DE LOS LOTES

Tabla 7 Comparación de los lotes por su sistema de riego según su superficie

% DE SALINIDAD C.E SEGÚN HECTAREAS						
	LOTES	MUESTRAS	POCO SALINO (0.6 – 1.2 dS/m)	SALINO (1.2 – 2.4 dS/m)	MUY SALINO (2.4 – 6.0 dS/m)	TOTAL HECTAREAS
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	LOTE A	21	60.29% (7.59 ha)	39.71% (5 ha)		12.59
	LOTE B	13	99.23% (7.69 ha)	0.77% (0.06 ha)		7.75
	LOTE C	5	20.64% (0.26 ha)	79.36% (1 ha)		1.26
	LOTE D	4	64.07% (0.41 ha)	35.93% (0.23 ha)		0.64
	LOTE E	3	100% (0.64 ha)			0.64
	LOTE F	13	85.9% (3.35 ha)	14.10% (0.55 ha)		3.90
SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	LOTE G	15	71.37% (9.97 ha)	28.63% (4 ha)		13.97
	LOTE H	7	28.58% (1.2 ha)	71.42% (3 ha)		4.2
	LOTE I	11	0.1% (0.04 ha)	50.35% (4.21 ha)	49.64% (4.15 ha)	8.40
	LOTE J	9	5.72% (0.04 ha)	58.57% (2.5 ha)	35.71% (1.5 ha)	4.2

Fuente: El Autor

Según los análisis realizados de conductividad eléctrica, expresados en unidades de dS/m, en cada uno de los lotes, de los dos sistemas de riego establecidos que son el sistema de riego por goteo y el sistema de riego por aspersión, se puede comparar cada uno, obteniendo así los resultados de que el sistema de riego por aspersión en todos sus lotes presenta altos contenidos de salinidad, ya que se encuentra en su mayoría en rango Salino y Muy Salino, de este modo podemos interpretar la desmejora en la cuanto a la producción de los cultivos realizados en este sistema de riego, que cuenta con una desmejora significativa y se ve reflejado en campo, con la coloración de las hojas del cultivo de caña que se encuentran afectadas y a su vez la falta de rendimiento en cuanto a tiempo y producción, viéndose reflejado de otra manera en los lotes del sistema de riego por goteo que presenta bajas concentraciones de salinidad por una mejor distribución del agua de riego, obteniendo así una buena producción en cuanto a todo el cultivo, con lo cual se procede a establecer las medidas de manejo de suelos salinos especialmente en el sistema de riego por aspersión, basándonos en el aumento de agua de riego que le haría falta a cada uno de los lotes según las concentraciones de salinidad que se presenta en cada uno y de esta manera obtener una reducción en cuanto a las concentraciones de conductividad eléctrica en el suelo.

6.3 DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó la toma de muestra de agua que se aplica en los dos sistemas de riego, que son el sistema de riego por goteo y el sistema de riego por aspersión. Para el análisis de agua se obtuvo una sola muestra debido a que estos terrenos cuentan con una sola fuente de entrada y de acuerdo a los sistemas de riego la distribuyen a los 10 lotes muestreados.

La única fuente de agua que ingresa a estos sectores se encuentra ubicada en la parte alta de la hacienda “Calera” y que limita con estos terrenos, al momento de realizar el análisis de C.E dio como resultado 2,35 dS/m. Lo cual indica que el agua que se utiliza para riego de acuerdo con la norma vigente, se encuentra dentro de los límites permisibles según el LIBRO VI ANEXO 1 de calidad de agua, ya que el agua no presenta cantidades mayores a 4 dS/m, y es apta para riego de acuerdo al tipo de suelo que existe en el sector.

De acuerdo a Hecht (2014), los sistemas de riego que se aplican en los terrenos agrícolas son de gran significancia en cuanto a la acumulación de sales que estos puedan presentar. Observándose así que los terrenos que tienen el sistema de riego por goteo, que presenta una extensión de 26,76 ha. El cual consiste en mangueras que van por debajo del suelo, a una profundidad donde al agua llega a la raíz y nunca deja de gotear y permanece húmedo la mayor parte del tiempo, dentro de este sistema la mayoría de los terrenos que forman parte se encontraron en límites ligeramente salinos y con una producción y rendimiento constante del cultivo, como lo indican los mapas cartográficos. Figuras 5, 6, 7, 8 y 9.

A diferencia de los terrenos tratados con el diferente sistema de riego que es el sistema de riego por aspersión, en donde todos los terrenos que forman parte de las 30,77 ha. De este sector, en su mayoría presentan altos contenidos de sales que varían entre salino y muy salino, este rango afecta significativamente en la producción y desarrollo del cultivo el cual se evidencia en los procesos de siembra y cosecha, el sistema de riego por aspersión libera cantidades de agua cada cierto tiempo y en su totalidad moja las hojas que se encuentran en desarrollo pero no la raíz. Figuras 10, 11, 12 y 13.

Se puede analizar según los estudios realizados sobre sistemas de riego y su efecto en la salinidad de los suelos, que los modelos de sistemas que se aplican en la hacienda "Calera" van de la mano con la concentración de conductividad eléctrica que cada uno presenta, viéndose reflejado así la falta de aumento de agua de riego que le hace falta a cada uno de los lotes y con la propuesta de mejora de suelos salinos poder obtener una disminución de sales en cada sector más afectado.

Especificando que estos terrenos son exclusivamente para la siembra de cultivo de caña, según el rango de sensibilidad a suelos salinos, la caña de azúcar se encuentra dentro de los cultivos que no son tolerantes a suelos con altas concentraciones de sales, por esta razón la producción y desarrollo en terrenos que presentan una conductividad eléctrica mayor a 1,2 dS/m los cultivos crecen en un mal estado, observándose desmejoras en su rendimiento referente al tiempo y al aspecto que el cultivo presenta.

La mayoría de los problemas por salinidad en la agricultura son el resultado del manejo incorrecto del agua de riego y de la falta de drenaje apropiado en el suelo. Tomando en cuenta la relación existente que entre más cantidad de agua que se aplique al suelo menor será la cantidad de sales existentes, referente a esto el artículo realizado por (Ruiz, 2010) explica que los métodos de riego tecnificados como son el sistema de riego por goteo y por aspersión resultan positivos por su alta frecuencia de aplicación de agua y debido a que emplean bajos volúmenes gracias a su alta eficiencia. Pero estos sistemas de riego deben ser muy bien manejados, ya que de lo contrario causan salinización debido a la forma de distribución del agua.

Las cartografías obtenidas muestran la mayor concentración de sales en el sistema de riego por aspersión, según indica (Briones, 2007) este sistema de riego siempre va a tener problemas debido a que el agua no ingresa directamente a las raíces sino que el agua es esparcida desde las hojas al tallo y raíces respectivamente, y en comparación con el sistema de riego por goteo el artículo explica que tendrá una mayor fuente de agua dirigida especialmente desde las raíces al resto de la planta, logrando una mejor distribución de agua y a su vez la cantidad apropiada que el cultivo necesita.

6.3 PROPUESTA DE MANEJO DE SUELOS SALINOS

Con la información que se tiene verificada en campo, el análisis realizado en laboratorio y la elaboración de los mapas cartográficos, obteniendo así los sectores con mayor concentración de salinidad en cada terreno, se procede a la interpretación para poder estipular una propuesta en base al manejo y conservación del suelo en los diferentes sectores afectados por mayor concentración de sales.

El trabajo de la presente investigación está basado con la ayuda de los mapas cartográficos que fueron elaborados con respecto a los análisis de conductividad eléctrica del suelo obtenidos según la información de la cantidad de salinidad que presenta cada uno de los terrenos que forman parte de la hacienda “Calera”, divididos por los dos sistemas de riego empleados en cada uno de los lotes, se procede a realizar una propuesta de manejo y a su vez de

conservación para obtener una disminución de las zonas que se encuentran más afectadas por salinidad y a su vez mejorar la producción del cultivo en cada uno de estos sectores afectados.

Una de las mejores propuestas de remediación es la lixiviación, la que consiste en realizar un lavado al suelo, ya que según la investigación realizada el suelo necesita de grandes cantidades de agua y así remover la cantidad de sales que están afectando al suelo y los cultivos.

Para poder conocer la cantidad de agua de riego que haría falta en cada uno de los terrenos que se encuentran más afectados con salinidad, se propone realizar la ecuación establecida por (Banda, Riviera, & Zamora, 2014) , los cuales realizaron un artículo para la remediación en suelos salinos, se aplicara la formula estipulada en cada uno de los terrenos, y a su vez con la diferenciación de los puntos que contienen mayor contenido de sales, saber cuánto porcentaje de agua de riego haría falta en cada uno de los puntos que necesiten una mayor cantidad de agua para que la cantidad de C.E disminuya y obtener un mejor resultado en cuanto a suelo y su cultivo.

De esta manera obteniendo un aumento de agua de riego se disminuirá la cantidad de concentración de sales existentes en el suelo, basándonos en las cartografías elaboradas se obtendrán los puntos que están más afectados por sales y en los cuales se deberá aumentar la cantidad de agua de riego.

La ecuación estipulada para conocer la cantidad de agua de riego que haría falta en los sectores con mayor concentración de sales, en porcentaje es la siguiente:

$$\text{FL por CE (\%)} = \frac{\text{C.Ee}}{\text{C.Eu (16)}} \times 100$$

Al momento de aplicar esta fórmula a los puntos que contienen mayor concentración de sales, se obtienen los siguientes resultados:

Proceso de lavado

SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

LOTE A

Tabla 8 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote A

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	1,37	8,56
2	1,29	8,06
3	1,43	8,94
8	1,29	8,06
9	1,56	9,75
19	1,49	9,31
SUMA		52,69

Fuente: El autor

La totalidad de hectáreas del Lote A es de 12.59, con la cartografía elaborada se analizó que el lote se encuentra afectado con salinidad en una totalidad de 5 hectáreas, lo cual se estipula en los puntos afectados a su vez obteniendo así el porcentaje de aumento de agua de riego que se necesitaría obteniendo como resultado el 52.69% logrando así disminuir la concentración de sales en el terreno.

LOTE B

Tabla 9 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote B

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
4	1,78	11,13
5	1,75	10,94
SUMA		22,06

Fuente: El Autor

El lote B analizado tiene una totalidad de 7,75 hectáreas, al realizar la cartografía según los análisis de conductividad eléctrica se pudo interpretar que el lote no cuenta con altas concentraciones de salinidad sin embargo esta afectado en una extensión de 0.06 hectáreas de

su totalidad, por lo cual según los puntos afectados se debe aumentar el porcentaje de agua de riego en un 22.06% para poder reducir la concentración de sales en su totalidad.

LOTE C

Tabla 10 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote C

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
13	1,21	7,56

Fuente: El Autor

El lote C analizado cuenta con una extensión de 1.26 hectáreas, por lo cual se ve reflejada en su mayoría que existen problemas de salinidad sin embargo el punto más afectado del terreno el cual equivale a 1 hectárea de la totalidad del terreno, por lo cual según el punto afectado se debe aumentar en un 7.56% la cantidad de agua de riego para de esta manera obtener una disminución total en cuanto a salinidad en el suelo.

LOTE D

Tabla 11 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote D

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	1,39	8,69

Fuente: El Autor

El lote D tiene un total de 0.64 hectáreas, lo cual al ser un lote muy pequeño menor a una hectárea se ve reflejado en su mayoría que no existen problemas significativos de salinidad, sin embargo en la cartografía analizada se reconoce un punto que se encuentra afectado con salinidad lo cual indica que se debe aumentar el agua de riego en un 8.69% para así obtener una reducción total de salinidad en todo el lote.

LOTE F

Tabla 12 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote F

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	2,37	14,81
11	1,56	9,75
SUMA		24,56

Fuente: El Autor

El lote F tiene una extensión de 3.90 hectáreas, lo cual según las cartografías realizadas, presenta los puntos afectados que forman parte de 0.55 de las hectáreas con respecto a la totalidad de la superficie, no es significativo la cantidad de puntos afectados, sin embargo para obtener una disminución en la totalidad de sales en el suelo se deberá aumentar el agua de riego en un 24.56%

SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

LOTE G

Tabla 13 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote G

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
3	1,9	11,88
4	2,07	12,94
5	2,11	13,19
SUMA		38,00

Fuente: El Autor

El lote G tiene una extensión de 13.97 hectáreas, en su mayoría el lote se encuentra afectado con concentraciones de sales ligeras, lo cual se ve reflejado en la cartografía realizada, tomando en cuenta los puntos más afectados por salinidad que forman parte de 4 hectáreas de

la superficie total, se debería aumentar el agua de riego en un 38% para disminuir en su totalidad las concentraciones de sales existentes en el lote.

LOTE H

Tabla 14 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote H

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	1,25	7,81
4	1,22	7,63
5	1,32	8,25
6	1,59	9,94
7	2,07	12,94
SUMA		46,56

Fuente: El Autor

El lote H tiene una extensión de 4.2 hectáreas, según la cartografía realizada se ve reflejada las altas concentraciones de sales que existen en el suelo de acuerdo a los puntos que se analizaron en la mayoría del terreno, estos forman parte de 3 hectáreas de la totalidad de la superficie, indicando que se debe aumentar el agua de riego en un 46.56% para disminuir las altas concentraciones existentes en el terreno.

LOTE I

Tabla 15 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote I

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	4	25,00
2	2,11	13,19
3	3,02	18,88
4	1,12	7,00
5	2,07	12,94
6	3,09	19,31
7	1,57	9,81

8	3,47	21,69
9	1,44	9,00
10	1,87	11,69
11	2,09	13,06
SUMA		161,56

Fuente: El Autor

El lote I tiene una extensión de 8.40 hectáreas, de acuerdo a la cartografía elaborada el lote F tiene altos contenidos de salinidad en la mayor parte del terreno de acuerdo a los puntos más afectados que forman parte del 8,36 de las hectáreas de todo el terreno, siendo altamente significativo, el aumento de agua de riego que se necesita en este lote es del 161.56%, para lograr disminuir las altas concentraciones de sales que presenta el terreno.

LOTE J

Tabla 16 Porcentaje de aumento de agua de riego Lote J

Puntos Afectados	C.E dS/m	% de aumento de agua de riego
1	1,51	9,44
2	1,2	7,50
3	1,46	9,13
4	2,85	17,81
5	2,5	15,63
6	3,01	18,81
7	2,87	17,94
8	1,87	11,69
9	1,47	9,19
SUMA		117,13

Fuente: El Autor

El lote J cuenta con una extensión de 4.2 hectáreas, según la cartografía analizada se encuentra altamente contaminado con concentraciones de sales, los puntos más afectados forman parte del 4 de las hectáreas de la superficie total, siendo altamente significativo la cantidad de

concentraciones de sales presentes en el terreno se necesita un aumento del agua de riego en un 117.13% para poder disminuir las altas concentraciones de sales existentes en el terreno.

Una vez realizada la formula y obteniendo el resultado del aumento de agua de riego en cada uno de los puntos que presentan mayor contenido de sales, se podrá obtener un lavado en lixiviación que es el procedimiento de rehabilitación del suelo referente al contenido de salinidad que presenta.

Así con el aumento de agua de riego se verá reflejada la disminución de conductividad eléctrica lo que aumentara en la mejora de producción y rendimiento del cultivo, en cada uno de los lotes analizados.

Este proceso de lavado según estudios realizados, se debe hacer cada 2 temporadas de siembra para que así el suelo reciba una rehabilitación casi continua en torno a sales, y a su vez presentar cada vez un mejor rendimiento en producción y cultivo de caña de azúcar.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La salinidad representa una problemática de importancia en los terrenos de la hacienda Calera, tomando en cuenta los sistemas de riego que se aplican en cada uno de los lotes se puede concluir que la falta de cantidad de agua de riego viene de la mano con las sales existentes en el suelo.
- La conductividad eléctrica del suelo analizada en los terrenos provenientes de los dos sistemas de riego, presentan valores medidos en unidades de dS/m que oscilan entre 1.2 a 4, indicando que los suelos se encuentran con una alta concentración de sales especialmente en los lotes I y J lo cual perjudica la producción y rendimiento del cultivo de caña.
- El agua utilizada para riego de los cultivos, en estos dos sistemas utilizados, presenta una conductividad eléctrica de 2.35 dS/m, presentándose en un estado moderado de Salinidad, lo cual indica que con el proceso de Lixiviación del suelo la concentración de salinidad en los terrenos disminuirá.
- La cartografía resultante nos permite visualizar los terrenos con mayor salinidad, presentando un rango entre 1.2 a 2.4 y de 2.4 a 6, lo cual indica que se encuentra en estado Salino y Muy Salino en los lotes del sistema de riego por aspersión.
- Al no existir procesos de lixiviación de los suelos en estos terrenos, se presenta la acumulación de sales, con la propuesta de lixiviación cada 2 o 3 temporadas de siembra se podrá obtener un suelo con concentraciones moderadas de salinidad y a su vez una mejor producción y rendimiento del cultivo.
- La utilización del Programa Informático ArcGIS, es una nueva modalidad de investigación dentro de este sector, el cual es de interés productivo para el desarrollo

de mejoras en cuanto a identificar específicamente los sitios que se encuentran con más concentraciones de sales, que se especifican claramente en los mapas.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el sistema de riego por goteo a los de más terrenos de producción ya que con este sistema se presenta una menor concentración de sales según los análisis realizados.
- Realizar análisis químicos más específicos al agua de riego de los terrenos, para conocer si existen alteraciones de otros factores que afecten a la salinidad de los suelos de los lotes.
- Aplicar un proceso de lixiviación cada dos o tres temporadas una vez que se vaya a realizar la nueva producción del cultivo, para obtener una disminución en la concentración de sales listo para que pueda ser producido.
- Realizar investigaciones de agricultura de precisión con ayuda del Programa Informático ArcGIS, ya que con esta tecnología se pueden realizar estudios más específicos y de fácil interpretación.

8. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Abrisqueta, C. G. (1962). Contribución al estudio de la determinación de salinidad en suelos. En *In Anales de Edafología y Agrobiología*. (Vol. 21, No. 7-12, pp. 545-554).
- Albadarejo, F. L. (1990). Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. En F. & López-Bermúdez, *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas* (págs. 15, 45.).
- Albaladejo, J. &. (1990). Degradación y regeneración del suelo en el litoral mediterráneo español: experiencias en el proyecto LUCDEME. En J. &. Albaladejo, *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*. (págs. 191-214.). Murcia: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Alconada, M. &. (1998). Calidad del agua de riego según diferentes criterios: su influencia sobre la salinización–alcalinización de suelos con cultivos protegidos en el Gran La Plata. *In XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Carlos Paz, Argentina*, (pp. 229-230).
- Allison, L. E. (1990). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. En *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Limusa.
- Arancibia, M. (2008). El uso de los sistemas de información geográfica-SIG-en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *Polis (Santiago)*, 7(20).
- Araujo, J. H. (2011). Bio recuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. *Universidad Politecnica de Madrid*, 144.
- Ayres, C. (2015). La erosión del suelo y su control. *ciren*.
- Banda, J. M. (2014). Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *SCIELO (Terra Latinoamericana)*, 32(3), 211-219.
- Banda, J. M., Riviera, P., & Zamora, F. B. (2014). REHABILITACIÓN DE SUELOS SALINO-SÓDICOS: ESTUDIO DE CASO EN EL DISTRITO DE RIEGO 086, JIMÉNEZ, TAMAULIPAS, MÉXICO. *Redalyc (TERRA LATINOAMERICANA)*, 10.
- Benet, A. S. (2005). *MEJORA DE SUELOS SALINOS Y CONTROL DE LA EROSIÓN EN ZONAS ÁRIDAS*. Recuperado el 2017, de researchgate.net: https://www.researchgate.net/profile/Albert_Sole-

Benet/publication/233541012_Mejora_de_suelos_salinos_y_control_de_la_erosion/links/09e4150ab721a37ffb000000.pdf

Benet, A. S. (s,f). MEJORA DE SUELOS SALINOS Y CONTROL DE LA EROSIÓN EN ZONAS ÁRIDAS.

BIOSFERA CIA. LTDA. (2014 - 2016). DELARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. *BIOSFERA CIA. LTDA.*

Bohn, H. L. (1993). Química del suelo (Vol. 1, pp. 123-153). Mexico: Limusa.

Bosch Mayol, M. C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Ciencia del suelo*, 30(2), 95-105.

Briones, I. G. (2007). Sistemas de riego: por aspersión y goteo . *Universidad Mayor de San Simón - UMSS, Bolivia*, (No. 631.587 G3S5 2007).

Casanelas, J. P. (2005). *Agenda de campo de suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa Libros.

Cepero, L. P. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31-42.

Chávez, G. E. (2001). Salinización inducida en los suelos agrícolas de Canarias: caracterización y prognosis (Doctoral dissertation). *Universidad de La Laguna*.

Chavez, P. (Noviembre de 2010). *Salinidad del Suelo*. Recuperado el Noviembre de 2017, de [cofupro.org.mx](https://www.cofupro.org.mx):

<https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidadelsuelo.pdf>

CHILE, U. D. (2010). *Informe de laboratorio Medida de Resistividad del Terreno*.

Cjuno, J. (2005). Diseño y Armado de un conductímetro de baja frecuencia con electrodos de carbón amorfo. . *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 8(2), 23-28.

Cruz, A. B. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista ecosistemas*, 13(2).

Doerge, T. K. (2003). Mapeo de Conductividad Eléctrica del suelo.

Erick Chicaiza, J. G. (2015). Linea Base Ambiental IANCEM. *es.scribd.com*, 44.

FAO. (2010). Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de <http://www.fao.org/home/es/>

- Fernandez, I. (2013). *repositorio.ute.edu.ec*. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de repositorio.ute.edu.ec:
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10697/1/53168_1.pdf
- Fernandez, M. (1970). Suelos Salinos y procesos de salinización en el Sureste español. *Murcia7 CEBAS-CSIC*.
- Flores, S. J. (2014). *Agroecología*. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Francesco, C. (1997). Evaluación de los procesos de salinización de suelos bajo riego. *Edafología*, 241-267.
- Hecht, S. (2014). La evolución del pensamiento agroecológico. . *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*, 4, 15-30.
- Hernandez, A. (2008). *et al. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo*. Mexico: Univ. Autónoma de Nayarit.
- Imeson, A. C. (1998). Una vía de ataque eco-geomorfológica al problema de la degradación y erosión del suelo. *Desertificación en Europa*, 161-181.
- Ingenio Azucarero del Norte. (2017). *tababuela.com*. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de [tababuela.com](https://www.tababuela.com/): <https://www.tababuela.com/>
- Jacobo, J. (Abril de 2014). *La presencia de sales produce distorsión en las medidas de potencial osmótico. El potencial de la solución del suelo, al igual que la conductividad eléctrica de la misma depende de la clase y concentración de solutos presentes*. Recuperado el Noviembre de 2017, de repositorio.uaaan.mx:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7192/JETZAHEL%20LUCAS%20JACOBO.pdf?sequence=1>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo.
- Jørgensen, P. M.-Y. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden*, 75, 1-1181.
- Lamz, A. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31-42.
- Lavado, R. S. (2009). Salinización y sodificación de suelos de producción agrícola extensiva por riego complementario. En *Alteraciones de la fertilidad de los suelos*. Taboada, MA y Lavado, RS (Editores). Editorial FAUBA.

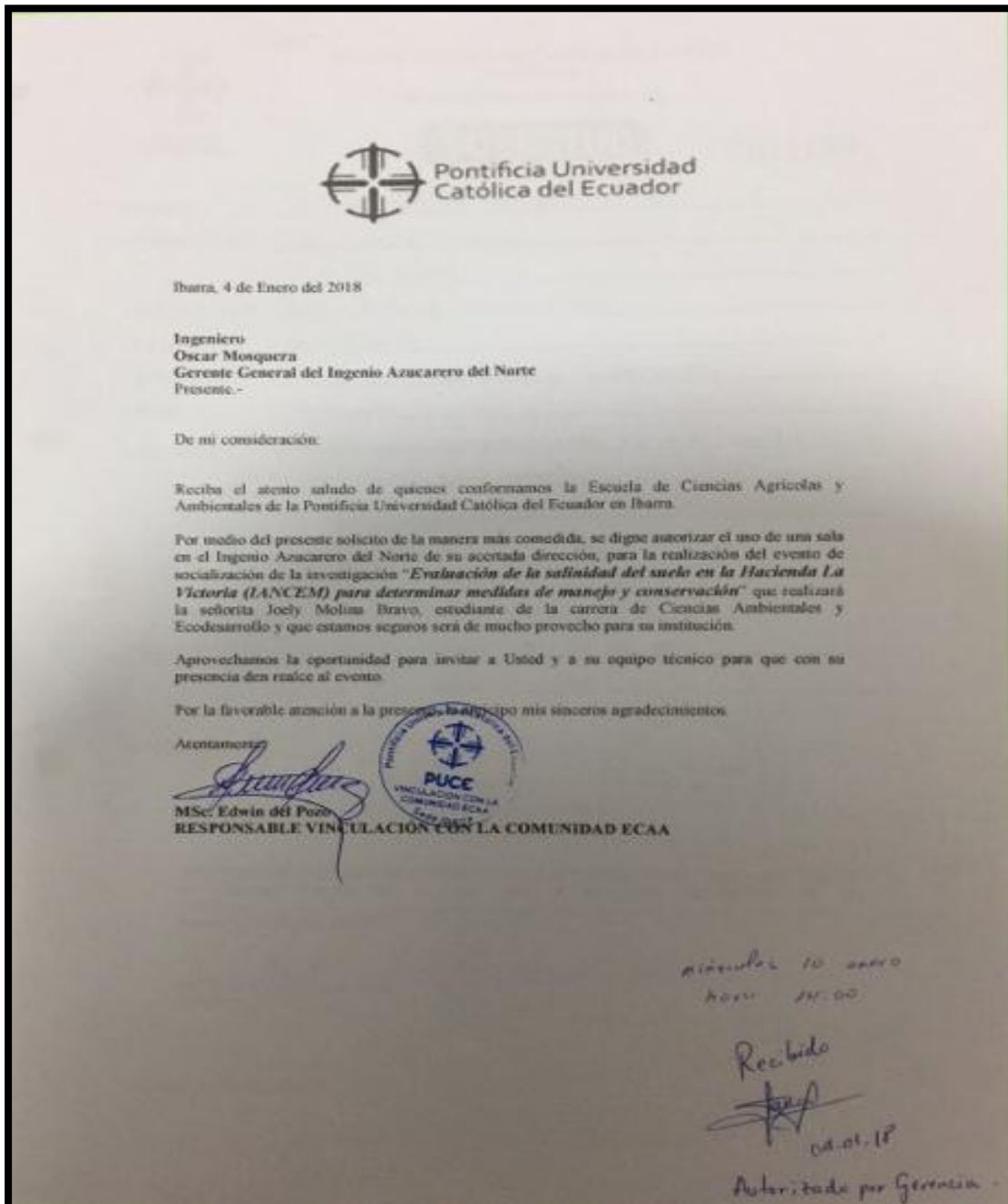
- Lutenberg, O. (2008). *ana.gob.pe*. Obtenido de La salinidad y su influencia en suelos y plantas: <http://www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>
- Magno, S. &. (2011). Propuesta metodológica para la elaboración del mapa de conductividad eléctrica de los suelos de la República del Ecuador . *Master's thesis, Quito, 2011*.
- Mass, H. C. (2001). La Conductividad Eléctrica del Suelo y su desarrollo en los Cultivos. *intagri*.
- Mata-Fernández, I. R.-G.-B.-C. (2014). Dinámica de la salinidad de los suelos. *e. Bios*, 1(5), 26-35.
- Menéndez, C. Z. (2012). La agricultura en el formativo temprano del Ecuador (cultura Valdivia). *Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas*.
- MORA, S., & VALVERDE, R. (2010). Procesos de la dinámica interna y externa. *Geología*.
- Moreno Osorio, C. A. (1992). *Fundamentos de geomorfología (No. 551.4 M6 1992)*.
- Orsag, V. (2010). El recurso suelo, principios para su manejo y conservación (No. CIDAB-S599. B6-O7r). *Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia)*., Facultad de Agronomía FOBOMADE.
- Ortuño, T. (2014). Respuesta de las plantas de tomate a la combinación de salinidad y altas temperaturas. *Universidad de Murcia. Departamento de Biología Vegetal*, 229 p.
- Peralta, M. S. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del Suelo*, 31(1), 45-55.
- Porta, J. L.-A. (2005). *Agenda de campo de suelos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Reguerín, P. C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa.
- REPOSITORIO UTN. (2008). Formación del Suelo. *repositorio.utn.edu.ec*, 90.
- Romero, M. P. (2009). Bioingeniería y suelo: abundancia microbiológica, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión. *Umbral Científico*, (15).
- Rondina, L. O. (2007). *Conductímetro (Doctoral dissertation. Facultad de Ingeniería)*.
- Ruiz, R. C. (2010). Salinidad del Suelo y del Agua y su relación con los cultivos. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO*, 18.
- SAGyP, C. F. A. . (1995). El Deterioro de las tierras en la República Argentina: alerta amarillo. . En C. F. SAGyP, *SAGyP Consejo Federal Agropecuario*.

- Salazar, R. (2007). Efecto del cultivo de leguminosas, sobre el suelo de la Finca La Majada (Lecheguagos, León). (*Doctoral dissertation*)., 70.
- Santacoloma, F. (2004). Soluciones acuosas: teoría y aplicaciones. Módulo de apoyo académico en Química. . *Universidad de Medellín*.
- Sarandón, S. J. (2006). Evaluación de la sustentabilidad del manejo de suelos en agroecosistemas de la provincia de La Pampa, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Cadernos de Agroecología*, 1(1).
- Simón, M. P. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del suelo*, 31(1), 45-55.
- SOILS. (2008). *Soils Sustain Life*. Recuperado el 2017, de soils.org: <https://www.soils.org/>
- Souchier, M. B. (1987). Constituyentes y propiedades del suelo. *Masson*.
- Taboada, M. A. (2008). Funcionamiento de los suelos salinos y sódicos. *In Actas XVI Congreso de Aapresid. Rosario (Vol. 12)*.
- Terrón, R. H. (1989). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. *Mundi-Prensa*.
- Tirira, D. (2011). Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador (Vol. 1). *Simbioe*.
- TULAS. (2015). *LIBRO VI ANEXO 2 SUELOS*. Recuperado el 2017, de faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf
- USDA. (2015). www.nrcs.usda.gov. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de SOIL TAXONOMY: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/taxonomy/>
- USSL, U. S. (2014). *USDA, United States Department of Agriculture*. Obtenido de ars.usda.gov: <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/us-salinity-laboratory/>
- Vargas, G. J. (2000). Influencia de las aguas de riego en los procesos de salinización y sodificación de suelos en cultivos de plátanos y tomates. *Edafología*, 7, 129-136.
- Villafañe, M. G. (2009). Acumulación de iones y solutos orgánicos en hojas de plantas de caña de azúcar cultivadas en dos tablones comerciales afectados por sales. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe. redalyc.org*, 21(2).

- Villafañe, R. (1997). Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. En *Agronomía Tropical* (págs. 47(2), 131-139.).
- Villafañe, R. (2011). Sosalriego: Un procedimiento para diagnosticar los riesgos de sodificación y salinización del suelo con el agua de riego. *Bioagro*, 23(1).
- Vitelio Goykovic Cortés, G. S. (2007). *scielo.cl*. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de *scielo.cl*: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000300006
- Vladimir, O. (1992). Factores limitantes del altiplano para la agricultura y degradación de las propiedades físicas del suelo (No. CIDAB-: S599. B6-O7f). *Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear*.
- Yokoi, S. Q. (2002). Differential expression and function of Arabidopsis thaliana NHX Na⁺/H⁺ antiporters in the salt stress response. *The Plant Journal*, 30(5), 529-539.
- Zúñiga, F. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados*. Mexico, Yucatan: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatan.

9. ANEXOS

9.1 OFICIO ENVIADO PARA EL DESARROLLO DE LA SOCIALIZACIÓN



9.2 RESULTADOS DE LA SOCIALIZACIÓN

Como cumplimiento al último objetivo de la presente investigación, la Socialización se realizó en las instalaciones del Ingenio Azucarero del Norte con la presencia de los directivos interesados en el tema de investigación y con la presencia del gerente general de la institución, y a su vez con la presencia del Tutor de investigación el Msg. Diego Mejía con el cual llevamos a cabo el evento durante dos horas de intervención para la presentación del tema.

Se detallaron los aspectos más importantes del estudio realizado, detallando específicamente la metodología, resultados y propuesta de manejo al problema presentado, siendo de gran interés y de gran ayuda para las actividades productivas que se realizan en el Ingenio Azucarero del Norte, se realizó una ronda de preguntas de interés de los asistentes en donde se logró satisfacer todas las dudas de los presentes.

Luego de la presentación realizada los asistentes cumplieron con la tarea de desarrollar una encuesta establecida por la Universidad Católica del Ecuador, obteniendo como resultado los siguientes datos tabulados por cada una de las preguntas en donde se presentó lo siguiente:

9.2.1 Fotografías de la Socialización realizada





9.2.1 Encuesta Realizada en la Socialización de la Investigación

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:


FECHA	10 / 01 / 2018		
EXPOSITOR	JOELY STEFANÍA MOLINA BRAVO		
LUGAR	DENTRO PUCESI		FUERA PUCESI X

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO					
MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD					
INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO					

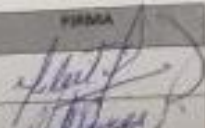

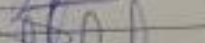



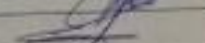
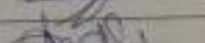

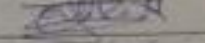
9.3 LISTADO DE ASISTENCIA A LA SOCIALIZACIÓN



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
 ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

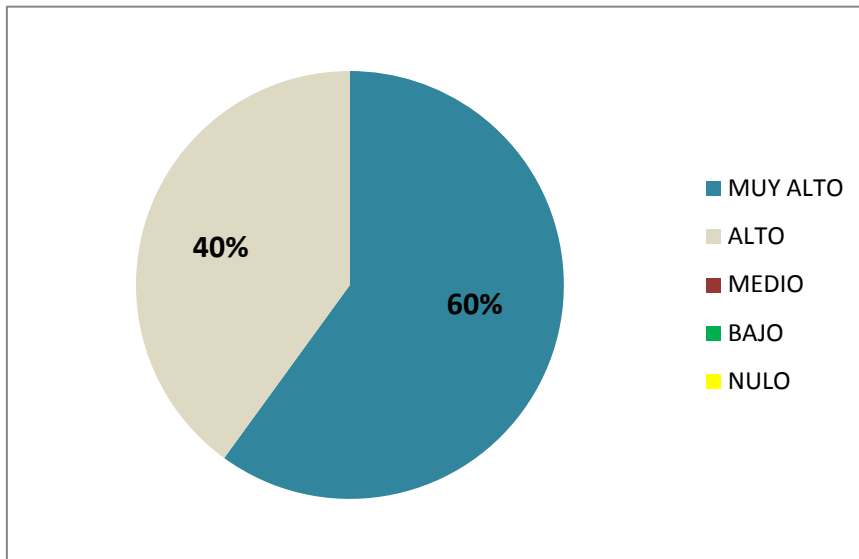
NOMBRE DEL EXPOSITOR: JOELY STEFANIA MOLINA BRAVO
 CARRERA: CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo
 FECHA: 10 DE ENERO DEL 2018

NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE CÉDULA	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Mario Fleitas	17568499-21	Accio Externo	
Isaac Masferrer	1703061836	IANCEM	
Daniel Pineda	100185426-2	IANCEM	
Silvana Apurucay	100166070-1	IANCEM	
Francisco VERA	100183537-4	IANCEM	
Herman Toro	100169799-2	IANCEM	
Jorge Buaranda	100173246-1	IANCEM	
Carlos Obispo	100546277-1	IANCEM	
Gabriel Rob	100264780-3	UTN	
Diego Hujao	100281296-7	DUCESI	

9.4 RESULTADO DE LAS ENCUESTAS DE SOCIALIZACIÓN

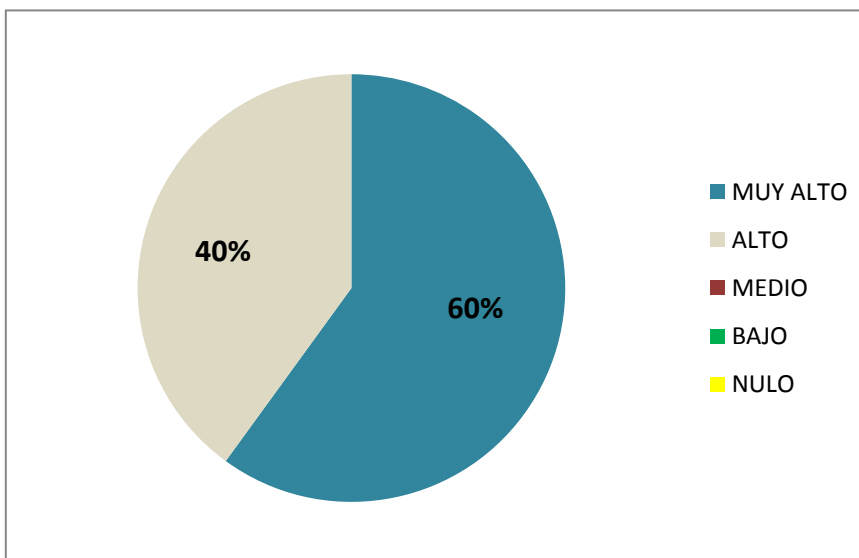
Pregunta # 1

¿Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?



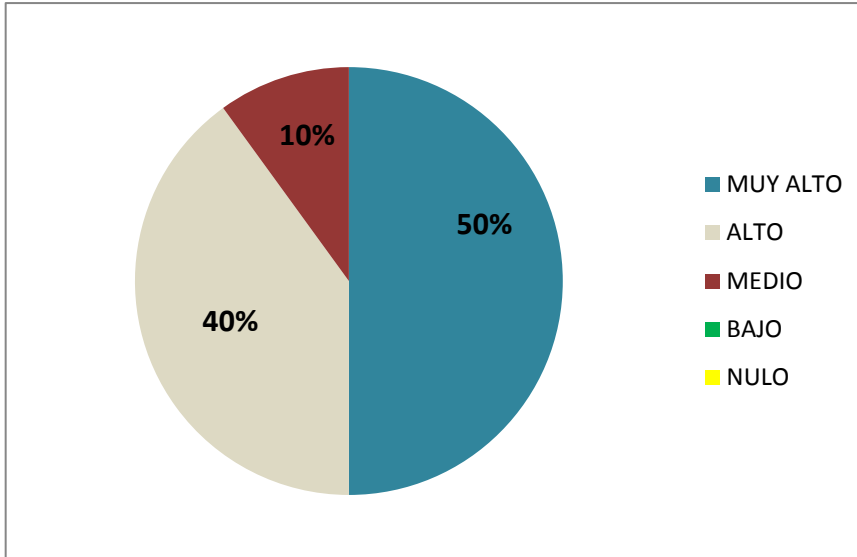
Pregunta # 2

¿Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?



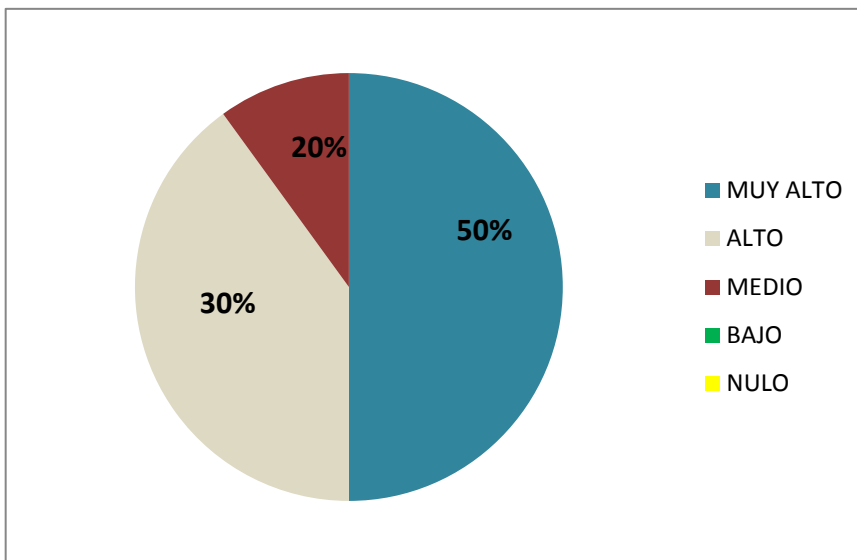
Pregunta # 3

¿Considera usted que el expositor mostró dominio del tema?



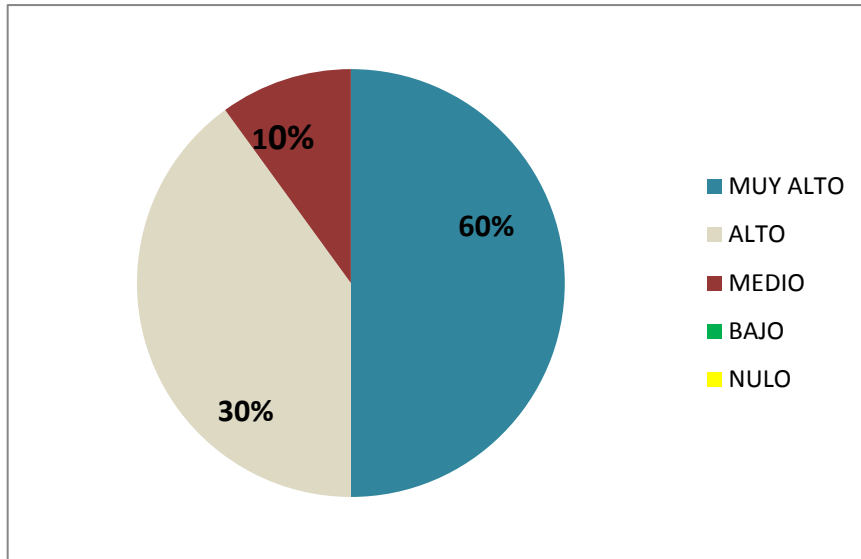
Pregunta # 4

¿Estima usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?



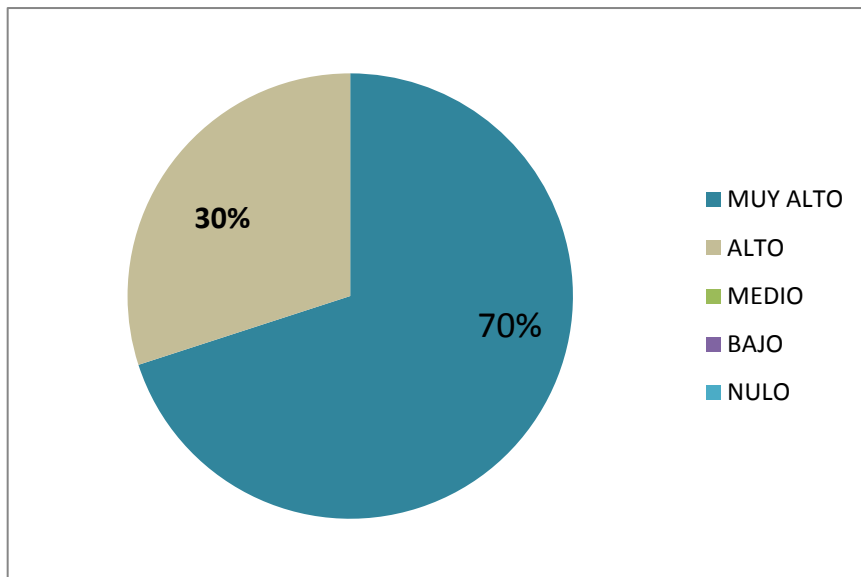
Pregunta # 5

¿Considera usted que el expositor demostró facilidad de expresión?



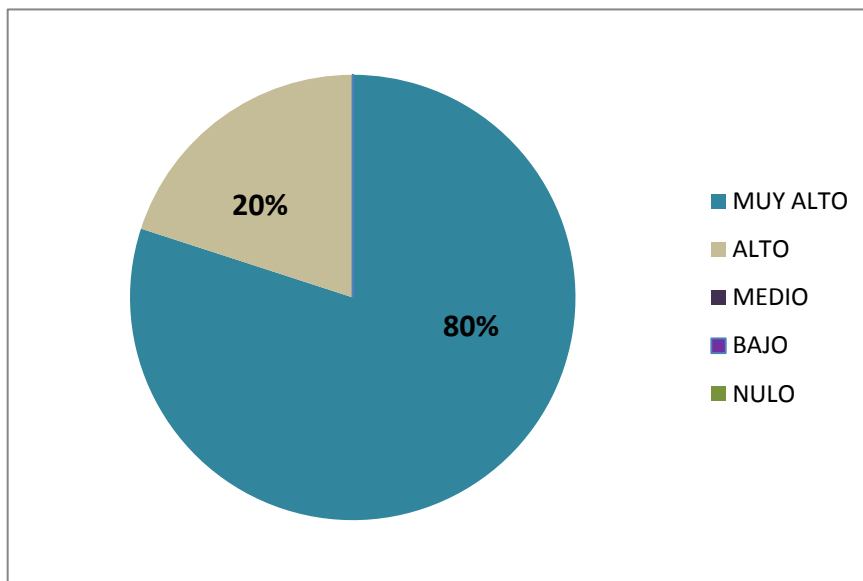
Pregunta # 6

¿Considera usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?



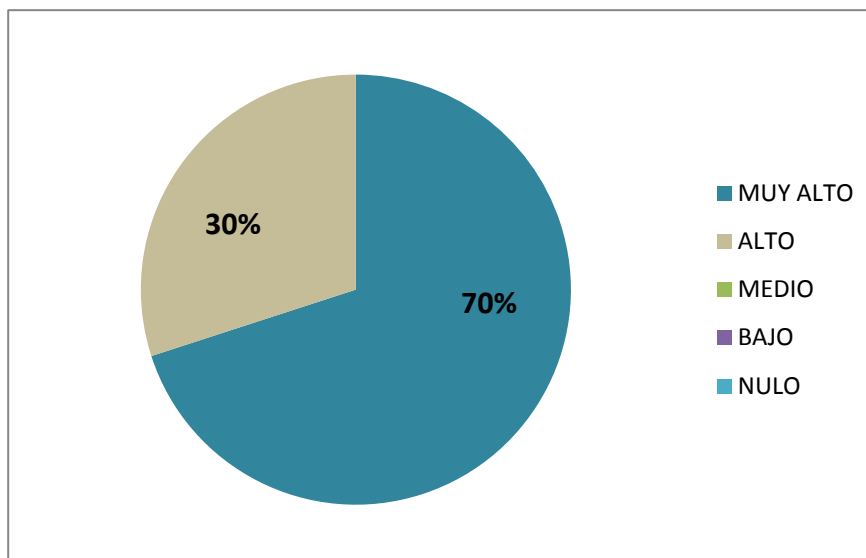
Pregunta # 7

¿Considera usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios o posteriores?



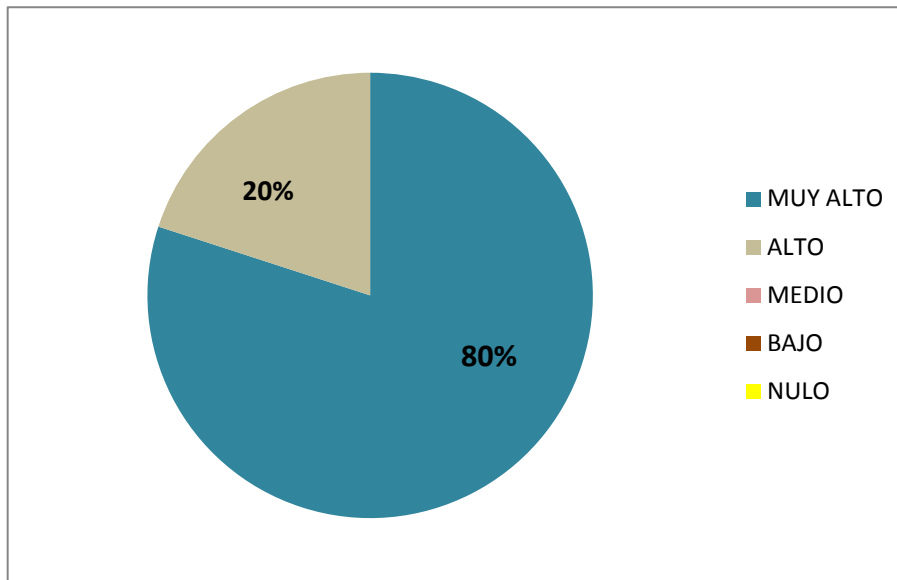
Pregunta # 8

¿Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?



Pregunta # 9

¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera usted que éstos se cumplieron?



9.5 MATERIALES UTILIZADOS EN LABORATORIO

Tabla N° 18 Materiales utilizados en campo

GPS navegador
Computadora portátil
Fundas ziploc
Pala de campo
Libreta de campo
Esferográfico
Cámara fotográfica

Tabla N° 19 Complemento a los materiales

Software ArcGIS 10.3.1
Mapas Cartográficos de los lotes a muestrear para el recorrido.

Tabla N° 20 Materiales en Laboratorio

Agua destilada
Conductímetro
Vasos de precipitación
Embudo
Papel filtro

Matrices ingresadas por cada lote en el Programa Informático ArcGis

LOTE A

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (us)	C.E (ds/m)
1	821986	10054518	A	1546	137,2	1,372
2	822066	10054484	A	1579	129	1,29
3	822132	10054403	A	1576	143,2	1,432
4	822204	10054327	A	1574	115,9	1,159
5	822278	10054251	A	1572	114,9	1,149
6	822427	10054234	A	1564	116	1,16
7	822345	10054317	A	1571	98,1	0,981
8	822270	10054392	A	1569	129,5	1,295
9	822198	10054470	A	1575	156	1,56
10	822124	10054543	A	1579	103,6	1,036
11	822087	10054578	A	1579	121,2	1,212
12	822163	10054581	A	1578	87,4	0,874
13	822232	10054584	A	1573	130	1,3
14	822273	10054541	A	1572	95,2	0,952
15	822347	10054466	A	1572	95,8	0,958
16	822422	10054391	A	1566	102,2	1,022
17	822525	10054293	A	1559	101,7	1,017
18	822529	10054351	A	1562	87,7	0,877
19	822499	10054468	A	1567	149	1,49
20	822419	10054537	A	1574	89,2	0,892
21	822315	10054582	A	1582	93,9	0,939

Fuente: El Autor

LOTE B

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (us)	C.E (ds/m)
1	822288	10054205	B	1568	94,6	0,946
2	822361	10054136	B	1557	100,9	1,009
3	822414	10054187	B	1559	92,9	0,929
4	822550	10054178	B	1551	113,5	1,135
5	822488	10054115	B	1556	97,7	0,977
6	822427	10054058	B	1557	86,8	0,868
7	822501	10053982	B	1552	87,5	0,875

8	822562	10054041	B	1552	118,4	1,184
9	822625	10054102	B	1547	113,5	1,135
10	822663	10053991	B	1546	97,1	0,971
11	822636	10053965	B	1548	110,4	1,104
12	822570	10053899	B	1547	115,3	1,153
13	822698	10053890	B	1544	121,4	1,214

Fuente: El Autor

LOTE C

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (s)	C.E (ds/m)
1	822666	10053775	C	1544	81,5	0,815
2	822731	10053696	C	1549	82	0,82
3	822771	10053780	C	1545	103,4	1,034
4	822712	10053823	C	1546	178,1	1,781
5	822596	10053859	C	1549	175,1	1,751

Fuente: El Autor

LOTE D

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (s)	C.E (ds/m)
1	822644	10054057	D	1545	138,7	1,387
2	822736	10054096	D	1533	73,9	0,739
3	822717	10053994	D	1536	66,1	0,661
4	822647	10054147	D	1534	79,2	0,792

Fuente: El Autor

LOTE E

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (us)	C.E (ds/m)
1	822751	10054117	E	1531	105,6	1,056
2	822771	10054185	E	1527	66,3	0,663
3	822677	10054178	E	1534	106,3	1,063

Fuente: El Autor

LOTE F

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (s)	C.E (ds/m)
1	822513	10054532	F	1560	236	2,36
2	822564	10054547	F	1550	70,5	0,705
3	822676	10054584	F	1534	65,3	0,653
4	822665	10054514	F	1539	64,2	0,642
5	822599	10054481	F	1544	63,6	0,636
6	822562	10054462	F	1547	101	1,01
7	822600	10054362	F	1542	79,7	0,797
8	822646	10054387	F	1536	80,1	0,801
9	822675	10054404	F	1533	81	0,81
10	822692	10054293	F	1536	101,5	1,015
11	822733	10054243	F	1527	156	1,56
12	822605	10054250	F	1537	80,2	0,802
13	822598	10054363	F	1538	79,1	0,791

Fuente: El Autor

LOTE G

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (us)	C.E (ds/m)
1	823357	10052400	G	1582	99,9	0,999
2	823278	10052417	G	1590	103,2	1,032
3	823219	10052354	G	1595	189,5	1,895
4	823203	10052307	G	1602	207,3	2,073
5	823116	10052301	G	1608	210,6	2,106
6	823028	10052328	G	1606	85,6	0,856
7	823015	10052292	G	1612	82,4	0,824
8	822996	10052207	G	1618	81,6	0,816
9	822986	10052133	G	1627	90,1	0,901
10	823061	10052120	G	1625	83,8	0,838
11	823140	10052135	G	1625	87,5	0,875
12	823234	10052097	G	1623	102,6	1,026
13	823254	10052122	G	1620	116,7	1,167
14	823292	10052160	G	1613	110,8	1,108
15	823357	10052234	G	1609	106,3	1,063

Fuente: El Autor

LOTE H

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (us)	C.E (ds/m)
1	823225	10052088	H	1625	124,7	1,247
2	823136	10052127	H	1626	100,4	1,004
3	822989	10052119	H	1630	114,5	1,145
4	823011	10052045	H	1636	122,2	1,222
5	823037	10051940	H	1646	132,3	1,323
6	823091	10051984	H	1637	158,9	1,589
7	823145	10052029	H	1633	207,1	2,071

Fuente: El Autor

LOTE I

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (s)	C.E /ds/m)
1	823362	10052226	I	1609	400	4
2	823283	10052136	I	1620	211	2,11
3	823182	10052044	I	1628	302,1	3,021
4	823216	10051980	I	1628	111,8	1,118
5	823263	10051895	I	1625	207,4	2,074
6	823393	10052073	I	1614	308,7	3,087
7	823538	10052294	I	1594	157,2	1,572
8	823546	10052167	I	1589	347	3,47
9	823447	10051942	I	1603	144,3	1,443
10	823405	10051866	I	1610	187,3	1,873
11	823317	10051784	I	1621	209,2	2,092

Fuente: El Autor

LOTE J

PUNTO	X	Y	LOTE	ALTURA (m)	C.E (s)	C.E (ds/m)
1	823316	10051780	J	1622	115,3	1,153
2	823209	10051749	J	1635	75,7	0,757
3	823154	10051733	J	1639	109,5	1,095
4	823102	10051811	J	1642	77,6	0,776
5	823037	10051905	J	1645	62,4	0,624
6	823092	10051972	J	1636	70,5	0,705

7	823142	10051874	J	1634	123,1	1,231
8	823179	10052041	J	1625	69,3	0,693
9	823235	10051937	J	1627	79,6	0,796

Fuente: El Autor

Tablas elaboradas de cada lote referente a hectáreas y porcentaje de salinidad

LOTE A

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	7.59	60.29
SALINO	5	39.71

Fuente: El Autor

LOTE B

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	7.69	99.23
SALINO	0.06	0.77

Fuente: El Autor

LOTE C

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	0.26	20.64
SALINO	1	79.36

Fuente: El Autor

LOTE D

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	0.41	64.07

SALINO	0.23	35.93
--------	------	-------

Fuente: El Autor

LOTE F

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	3.35	85.9
SALINO	0.55	14.10

Fuente: El Autor

LOTE G

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	9.97	71.37
SALINO	4	28.63

Fuente: El Autor

LOTE H

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	1.2	28.58
SALINO	3	71.42

Fuente: El Autor

LOTE I

CE ds/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	0.04	0.1
SALINO	4.21	50.35
MUY SALINO	4.15	49.64

Fuente: El Autor

LOTE J

CE dS/M	HECTAREAS	% SALINIDAD
POCO SALINO	0.04	5.72
SALINO	2.5	58.57
MUY SALINO	1.5	35.71

Fuente: El Autor