

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES



DEPARTAMENTO DE POSGRADO

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA EN ECOLOGÍA URBANA

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA
SOBRE MORERA (*Morus alba*, Linn) EN ARBOLADO DE
ALINEACIÓN Y ESPACIOS VERDES EN LOS DEPARTAMENTOS
DE RIVADAVIA, CAPITAL Y SANTA LUCÍA, SAN JUAN.**

Licenciado en Biología: Andrés Alberto Matías Ortega Rodríguez

Asesor: Dra. M. Alejandra Pittaluga.

Co-Asesor: Dr. R. Emmanuel Ocaña.

CALIFICACIÓN:.....

.....

.....

.....

Este trabajo se lo dedico a mi mamá Mercedes Rodríguez, a mi esposa e hijo, los amores de mi vida, Valeria Videla y Joaquín Ortega.

*“La mejor ciencia no se aprende en los
libros; el sabio más grande y
mejor maestro es la Naturaleza”*

Galileo Galilei

AGRADECIMIENTOS

- A mi mamá Mercedes Rodríguez por su apoyo, guía y ser ejemplo de trabajo y superación.
- A mi esposa Valeria Videla y mi hijo Joaquín Ortega, los amores de mi vida, por ser la base, con apoyo incondicional y emocional para ayudarme a cumplir los objetivos y culminar esta etapa tan importante.
- A mis Directores de Tesis Dra. Alejandra Pittaluga y Dr. Emmanuel Ocaña por su amistad, compañerismo, apoyo, consejos y toda la ayuda que siempre me brindan.
- Al Dr. Daniel Flores por aconsejarme y escucharme siempre.
- Al Dr. Eduardo Martínez Carretero por sus consejos, charlas y apoyo para que nos involucremos en la temática de la Ecología Urbana.
- Al Dr. Gerardo Fanton y todo el equipo del Departamento de Posgrado de la FCEFYN-UNSJ para organizar todo el trámite administrativo.
- Al INTA sede Pocito por colaborar con sus instalaciones para los análisis de laboratorio.
- A los Técnicos de laboratorio del INTA Téc. Sergio Mundaca y Téc. Lisandro Bustos por su enseñanza, dedicación y paciencia para poder realizar los análisis en el laboratorio.
- Al Dr. Gonzalo Roqueiro y Dr. Germán Babelis por su ayuda y apoyo para poder hacer uso de las instalaciones del INTA.
- A la Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de San Juan por brindarme la posibilidad de aplicar lo aprendido cotidianamente.
- A la Lic. Julieta Carmona del Ministerio de la Producción y Desarrollo Económico de la provincia de San Juan por brindarme información para este estudio.

ÍNDICE

RESUMEN	7
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Fundamentación	8
1.2 Hipótesis:.....	11
1.3 Objetivos	11
1.3.1 General:	11
1.3.2 Específicos:	11
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
2.1 Área de Estudio	12
2.1.1 Ubicación	12
2.1.2 Clima	14
2.1.3 Vegetación.....	14
2.1.4 Geología	15
2.1.4.1. Estratigrafía	15
2.1.4.2. Estructura	16
2.1.4.3 Geomorfología	17
2.1.4.4 Suelos	17
2.1.4.5. Hidrología.....	18
2.1.4.6. Hidrogeología.....	19
2.2 Trabajo de Campo	20
2.3 Trabajo de Laboratorio.....	22
2.3.1 Medición y Clasificación de Texturas en Laboratorio de la FCEFyN-UNSJ	23
2.3.2 Trabajo y Medición de variables físico-químicas en Laboratorio de suelos de INTA-Pocito-San Juan.....	26
2.3.2.1 Determinación de Nitrógeno Total.....	26
2.3.2.2 Determinación de Fósforo Intercambiable	28
2.3.2.3 Determinación de Potasio Intercambiable.....	30
2.3.2.4 Medición de Conductividad y pH en muestras de Suelo.....	32
2.4 Trabajo de Gabinete y Análisis de datos	33
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	35
3.1 Ejemplares de moreras	35
3.1.1 Altura individuos de moreras	35
3.1.2 DAP individuos de moreras	37
3.1.3 Superficie de copa individuos de morera	40
3.2 Análisis Textural de Suelos.....	43

3.2.1 Conductividad eléctrica (CE)	45
3.2.2 pH.....	51
3.2.3 Nitrógeno total (ppm).....	57
3.2.4 Fósforo Intercambiable (ppm).....	62
3.2.5 Potasio Intercambiable (ppm)	67
3.2.6 Porcentaje de Arena	71
3.2.7 Porcentajes de Limo	75
3.2.8 Porcentajes de Arcilla.....	79
3.2.9 Porcentajes de Humedad en suelo	83
3.3 Estado del Riego en E.V y A.A.....	87
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN	89
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA	98
WEBGRAFÍA	103
INSTITUCIONES CONSULTADAS	103

RESUMEN

La ecología urbana es una ciencia que integra las teorías y metodologías de las ciencias naturales y sociales para investigar estándares y procesos de los sistemas ecológicos urbanos. El estudio de ecosistemas urbanos es un campo relativamente reciente de la ecología. Los suelos de las zonas áridas son catalogados como pobres debido a su escaso contenido de materia orgánica (MO), nutrientes disponibles y baja capacidad de retención de agua. El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico que incluye componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones. En las ciudades el arbolado es un componente esencial del paisaje urbano; sus características tienen enormes impactos en la calidad de vida de las personas que viven y/o transitan en los conglomerados urbanos. La morera (*Morus alba*) es una especie que ha sido implantada en diferentes ciudades y sitios, ha sido domesticada por el ser humano seleccionando características que cumplan con los objetivos para su implantación. Este estudio se focaliza en aportar sobre cómo es la situación de los suelos en zonas urbanas de la provincia de San Juan y su influencia en el crecimiento y desarrollo vegetativo de ejemplares de *Morus alba*. El área de estudio se ubica en la ciudad Capital de San Juan y en dos de sus departamentos aledaños, Rivadavia al oeste y Santa Lucía al este. Se realizó una transecta de oeste a este, entre noviembre y diciembre del 2022 se concurrió a los sitios. Con un barreno se realizó la recolección de muestras compuestas de suelo a 120 cm de profundidad y a una distancia de 30 cm del tronco de ejemplares de morera. Se obtuvieron 18 muestras texturales de suelos, nueve correspondieron a E.V (espacios verdes) y nueve a A.A (arbolado de alineación en veredas). Los valores obtenidos Para la plaza de Marquesado indican texturas Franco-Arenosa (FA) y Areno-Francosa (AF), para Av. Libertador indican texturas Franco (F). Para la Plaza 25 de Mayo, la textura indica Franco (F) y Areno-Francosa (AF), para calle Mendoza indican texturas Arenoso-Franco (AF). Para la plaza de Santa Lucía indican textura Franco (F), Para vereda de calle Ramón Franco indican texturas Franco (F) y Franco-Limosa (FL). También se obtuvieron 18 valores de alturas (metros), DAP (diámetro a la altura de pecho en metros) y superficies de copas (m^2) de individuos de moreras. Se registró la conductividad eléctrica, pH, Nitrógeno total (ppm), Fósforo intercambiable (P_2O_5 ppm), Potasio intercambiable (K_2O ppm), porcentajes de humedad del suelo y el tipo de sistema de riego presente. Se realizaron comparaciones para comprender como interactúan estas variables y como influyen en los individuos de moreras. Los parámetros físico químicos registrados en este estudio como CE, pH, N total, P_2O_5 y K_2O , y la interacción entre sí, influyen en la disponibilidad de nutrientes y en el desarrollo vegetativo de los ejemplares de moreras, dependiendo que variables interaccionen, pueden relacionarse de manera positiva o negativa.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Fundamentación

Según Grimm *et al.*, (2008), la ecología urbana es una ciencia que integra las teorías y metodologías de las ciencias naturales y sociales para investigar estándares y procesos de los sistemas ecológicos urbanos. Dow (2000) la define como una de las más concurridas intersecciones investigativas entre procesos biofísicos y sociales. El estudio de ecosistemas urbanos es un campo relativamente reciente de la ecología (Pickett y Grove, 2009).

Vitousek (1994), menciona que la constante conversión de suelos en cultivos y ciudades es uno de los tres mayores impactos ambientales globales de origen humano, además de las crecientes concentraciones de CO₂ en la atmósfera, y de otros cambios en los ciclos biogeoquímicos. En las próximas décadas, la urbanización será el impacto humano globalmente más significativo a la diversidad biológica, principalmente en los trópicos, sino ocurren cambios profundos en políticas y planificación de los usos del suelo (Chapin III *et al.*, 2009; Lanbim y Meyfroidt, 2011).

Los suelos de las zonas áridas son catalogados como pobres debido a su escaso contenido de materia orgánica (MO), nutrientes disponibles y baja capacidad de retención de agua. En Argentina, uno de los problemas críticos en la transformación de zonas áridas en oasis regadíos es la conservación de la fertilidad del suelo, particularmente el contenido de MO (Roy *et al.*, 2002).

Según datos provisionales del último CENSO (año 2022), la provincia de San Juan posee un total de 814.856 habitantes, lo que indica que hay un aumento sostenido de la población y por ende de la urbanización (https://www.censo.gob.ar/index.php/datos_provisionales/)

Una de las características de San Juan, es que la población se agrupa en aquellos departamentos donde existe la posibilidad de disponer de agua. Concentra su población en los oasis irrigados o valles centrales, Tulum, Ullum, Zonda, y Jáchal, donde contiene aproximadamente el 90% del total de esa población. El resto de la misma se ubica en los Valles de Iglesia, Calingasta y Valle Fértil. La capital provincial, es el centro administrativo, comercial y asiento de autoridades gubernamentales de la provincia, Villa Krause, es el principal núcleo comercial de la zona sur del Gran San Juan. También se destacan las localidades de Caucete, Villa Paula Albarracín de Sarmiento (Chimbas), Villa Aberastain (Pocito) y San José de Jáchal (Jáchal). La provincia se encuentra dividida en 19

departamentos, y estos a su vez en distritos (Caracterización de la Provincia de San Juan-Marzo 2021-Plan Estratégico San Juan).

El Valle del Tulum presenta una depresión tectónica, la cual se extiende entre los ambientes montañosos de la Precordillera Oriental, al oeste, y de la sierra Pie de Palo, al este y se caracteriza por poseer acentuadas diferencias geomorfológicas, litológicas e hidrogeológicas con las demás depresiones intermontanas de la provincia de San Juan. Estas inciden en la distribución geográfica de los suelos y de varias de sus propiedades (Suvires, 2004).

La información que se registra en un estudio y análisis del suelo, como valores texturales, pH, conductividad, contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, contribuyen al conocimiento sobre el uso del suelo por parte de la vegetación y puede ser usado para evaluar y predecir los efectos del uso de este recurso para el ambiente (Soil Survey Staff, 1975).

La variabilidad espacial de los suelos es inherente a la complejidad del paisaje (Gerrard, 1990). El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico que incluye componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones. Por lo tanto, para evaluar su calidad resulta necesario la medición y descripción de sus propiedades (Luters & Salazar, 1999).

De los elementos minerales, el nitrógeno, fósforo y potasio, son los elementos provenientes del suelo que se presentan en mayor concentración en los vegetales; estos elementos participan de los procesos de crecimiento como componentes estructurales y funcionales (Balta Crisólogo *et al.*, 2015).

En las ciudades el arbolado es un componente esencial del paisaje urbano; sus características tienen enormes impactos en la calidad de vida de las personas que viven y/o transitan en los conglomerados urbanos, ellos proveen beneficios esenciales para el desarrollo y bienestar de la sociedad, ya que brindan servicios ambientales como regulación del microclima, amortiguación del ruido, mejoramiento de la calidad del aire, provisión de hábitat para otros organismos biológicos. A su vez prestan servicios culturales tales como identidad y estética paisajística, provisión de lugares de encuentro y esparcimiento social, sensación de bienestar, entre otros (Re *et al.*, 2011).

Tanto la plantación de los árboles como su mantenimiento necesitan de una planificación y análisis teniendo en cuenta las características biológicas de los mismos en relación al lugar que ocupan y la finalidad que tiene su plantación (Kopta 1997).

La morera (*Morus alba*) es una especie que ha sido implantada en diferentes ciudades y sitios, ha sido domesticada por el ser humano seleccionando características que cumplan con los objetivos para su implantación, sombra, forraje, producción del gusano de seda, fijación de suelos, etc.

Según datos de la Dirección de Arbolado Público dependiente de la Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable, en la provincia de San Juan, la selección de esta especie y el periodo de auge de implantación fue a finales de la década de '70 y comienzo de '80, dado que a través del Vivero Provincial Agr. Luis Torti (dependiente del Ministerio de la Producción y Desarrollo Económico de la provincia de San Juan) se comenzó con la producción y acopio de estacas de morera. Los individuos de esta especie son de rápido crecimiento, producen hojas de gran tamaño y copas extensas, lo que contribuye a obtener sombra, sin conocer y tener en cuenta otras características de la especie como necesidades hídricas y características de tipo de suelo.

Nieri *et al.*, (2018), realizaron una investigación sobre las Condiciones de los árboles urbanos en ciudades de Brasil, donde analizaron como la infraestructura de las obras urbanas afecta y condiciona la disponibilidad de nutrientes en el suelo, el crecimiento y desarrollo de los árboles y arbustos presentes.

Perelman y Marconi, (2016) evaluaron la percepción del verde urbano en parques de la ciudad de Buenos Aires. Martínez Carretero y Moreno (2008), realizaron un estudio de caso sobre la sedimentación atmosférica seca y biomonitorio en hojas de *Morus alba* en la ciudad de San Juan, para su utilidad como bioindicador de la contaminación ambiental. Moreno, (2017) en su tesis doctoral realizó un estudio sobre *Morus alba* como indicador de contaminación por sólidos en suspensión a lo largo de un gradiente de urbanización en las ciudades de San Juan y Mendoza. Vento *et al.*, (2017) estudiaron el contenido mineral en hojas de *Morus alba* y *Platanus hispanica* en bosques urbanos del centro-oeste de Argentina. Kurbán *et al.*, (2007); Kurbán, (2016); y Kurbán y Cúnsulo, (2015) realizaron trabajos sobre arquitectura y factores bioclimáticos de la ciudad de San Juan. También se han desarrollado trabajos sobre especies apropiadas de arbolado para la provincia de San Juan, Dalmaso *et al.*, (2014), investigaciones enfocadas a la biodiversidad de aves presentes en las ciudades, Ortiz *et al.*, (2018), y evaluación de los espacios verdes del eje cívico, cultural y recreativo de la ciudad de San Juan desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos Velazquez, (2022).

Son escasos los estudios e investigaciones realizados sobre como las propiedades físico-químicas del suelo en el entorno urbano afectan y/o condicionan el crecimiento y desarrollo de los árboles. Debido a lo anteriormente expuesto, este estudio se focaliza en aportar sobre cómo es la situación de los suelos en zonas urbanas de la provincia de San Juan y su influencia en el crecimiento y desarrollo vegetativo de ejemplares de *Morus alba* que componen el bosque urbano, debido a que no se han encontrado registros sobre este tipo de estudios para la provincia en el entorno urbano.

1.2 Hipótesis:

Los parámetros físico-químicos que componen el suelo de los departamentos Rivadavia, Capital y Santa Lucía influyen en el desarrollo vegetativo de los ejemplares de Morera (*Morus alba*) implantados en arbolado de alineación y de espacios verdes.

Esto implicaría que:

- La composición de elementos químicos y propiedades físicas del suelo condicionan el crecimiento y desarrollo de los ejemplares de morera (*Morus alba*).

1.3 Objetivos

1.3.1 General:

- Conocer la composición físico-química del suelo y su influencia en Moreras (*Morus alba*) implantadas en arbolado de alineación de veredas y en espacios verdes.

1.3.2 Específicos:

1. Identificar la unidad geomorfológica a escala regional y semidetalle (1:50000), donde se ubican los departamentos de Rivadavia, Capital y Santa Lucía.
2. Conocer los parámetros físico-químicos (pH, conductividad, nitrógeno, fósforo, potasio y textura) que componen el suelo en los departamentos de Rivadavia, Capital y Santa Lucía.
3. Determinar el porcentaje de humedad presente en el suelo en alineación en veredas y en espacios verdes.
4. Conocer la altura (m), DAP (Diámetro a la altura del pecho) y Superficie de copa de los ejemplares de morera.
5. Conocer la situación actual del funcionamiento del sistema de riego en arbolado de alineación y en espacios verdes.
6. Comparar las propiedades físico-químicas del suelo en alineación en vereda y en espacios verdes para cada uno de los sitios de muestreo.
7. Determinar relaciones entre parámetros físico-químicos del suelo y ejemplares de la especie *Morus alba* (morera) implantados en los sitios.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de Estudio

2.1.1 Ubicación

El área de estudio se ubica en la ciudad Capital de San Juan y en dos de sus departamentos aledaños, Rivadavia al oeste y Santa Lucía al este. Los sitios puntuales corresponden a espacios públicos verdes (plazas) y también a arbolado de alineación de veredas, los cuales se mencionan a continuación: Plaza de Marquesado y Av. Libertador (Rivadavia), Plaza 25 de Mayo y calle Mendoza (Capital) y por último la plaza de Santa Lucía y calle Ramón Franco (Santa Lucía), (Figura 1 a-d).

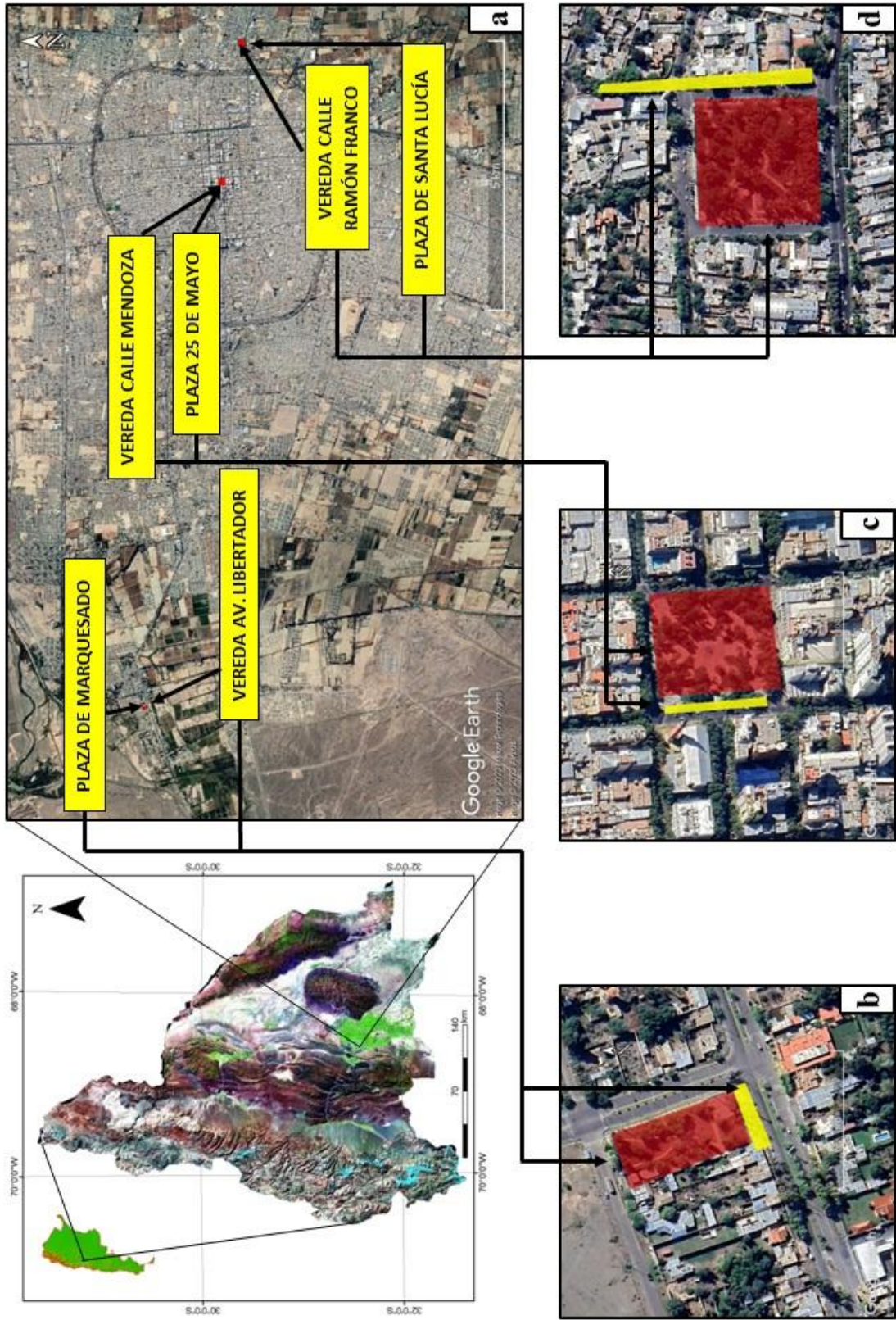


Figura 1 a-d. a) Sitios de muestreo en espacios verdes y en arbolado de alineación de veredas en los departamentos de Rivadavia, Capital y Santa Lucía. En color rojo plazas y en amarillo veredas, b) Plaza de Marquesado y Av. Libertador, c) plaza 25 de Mayo y calle Mendoza, y d) Plaza de Santa Lucía y calle Ramón Franco.

2.1.2 Clima

Según la tipificación mesoscálica del clima de San Juan realizada por Poblete y Minetti, (1989), el clima del área, pertenece al tipo BWwka, (Köppen, 1948). En donde, (BW) corresponde a clima seco de desierto con vegetación xerófito o sin vegetación y concentración estival de las precipitaciones (w). El término (k) hace referencia a temperatura media anual menor de 18° C y (a): temperatura del mes más cálido mayor que 22°C. Existe gran radiación solar y transparencia atmosférica, además de una notable amplitud térmica diaria y anual. Las precipitaciones son pluviales y estivales de tipo torrencial, de corta duración, elevada intensidad y reducida área de cobertura. Estas lluvias se desarrollan con mayor frecuencia, considerándose los meses de Enero, Febrero y Marzo como la estación húmeda, presentando una media anual de 90 mm. Durante el resto del año, las lluvias son escasas en formas de lloviznas, abarcando grandes áreas. La evapotranspiración potencial supera ampliamente los valores de precipitación y se han estimado en 1600 mm/año. Los vientos tienen un predominio neto del sur y sureste. También está presente el viento característico de la región, caliente y seco, de dirección oeste-este, denominado Zonda, que sopla tanto en invierno como en verano.

El área pertenece a la región desértica del Monte que recorre el oeste de Argentina predominantemente. Este bioma se extiende desde la latitud de 24°35'S en la provincia de Salta hasta los 44°20'S en la provincia de Chubut, y se sitúa en las cuencas internas de los Andes de Catamarca y La Rioja, en la Precordillera, las Sierras Pampeanas y las cuencas de San Juan, Mendoza y San Luis, en el oeste de La Pampa, el este de Neuquén, en el centro de Río Negro y el noreste de Chubut (Morello, 1958; Cabrera, 1994; Abraham *et al.*, 2009). El Monte es una región climáticamente árida, (Morello, 1958), más específicamente, seco y cálido en la porción septentrional, seco y fresco en la meridional (Cabrera, 1994).

2.1.3 Vegetación

Si bien la vegetación del Monte se caracteriza por una estepa arbustiva con predominio de especies de la familia Zygophyllaceae (*Larrea spp.* y *Bulnesia retama*), las estepas edáficas de arbustos halófitos como *Suaeda divaricata*, *Atriplex spp.*, *Allenrolfea vaginata* y el bosque dominado por especies del género *Prosopis* (Morello 1958; Cabrera 1994; Villagra *et al.*, 2004).

En este caso el área de estudio al ubicarse en un ambiente antropizado con zonas altamente pobladas, con alto desarrollo de infraestructura como calles pavimentadas, veredas y acequias hormigonadas, y edificaciones, es muy escasa la presencia de vegetación nativa, dado por la intervención de la mano del ser humano en el diseño urbano, que interviene en la implantación de la vegetación, entre ellas, encontramos en su mayoría especies arbóreas exóticas como moreras (*Morus alba*), plátanos (*Platanus hispanica*), fresno americano (*Fraxinus americana*), fresno europeo (*Fraxinus excelsior*) casuarina (*Casuarina cunninghamiana*), eucaliptos (*Eucaliptus camaldulensis* y *Eucaliptus globulus*) cipreses (*Cupressus sempervirens*, *Cupressus macrocarpa*) cedros (*Cedrus deodara*), pino de alepo (*Pinus halepensis*), palmeras (*Washingtonia filifera*, *Washingtonia robusta*, *Phoenix dactilifera*, *Syagrus romanzoffiana*) especies nativas de argentina como ceibo (*Erythrina crista-galli*), lapacho (*Handroanthus impetiginosus*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), tipa (*Tipuana tipu*), oreja de negro (*Enterolobium contortisiliquum*), ibirá pitá (*Peltophorum dubium*), y algunas nativas como algarrobos (*Prosopis chilensis*, *Prosopis nigra*, *Prosopis flexuosa*, *Prosopis alba*), acacias (*Vachellia aroma*, *Vachellia caven*), chañar (*Geofroea decorticans*), cina cina (*Parkinsonia aculeata*) y brea (*Parkinsonia praecox*).

2.1.4 Geología

La región está comprendida en la gran Depresión longitudinal y tectónica del valle de Tulum, ubicada entre las sierras Pampeanas al este y las serranías de la Precordillera Oriental al oeste. Desde el punto de vista geológico, el Valle de Tulum se desarrolla en el frente de deformación activa de los Andes Centrales, con un régimen contraccional principal. Los relieves observados se asocian con estructuras tectónicas recientes y antiguas, conformando un área de elevada actividad sísmica, de las mayores conocidas en el territorio argentino. Esta depresión comenzó a insinuarse a partir del Paleozoico medio- tardío y alcanzó su configuración actual en el Terciario superior, continuando su actividad subsidente y compresiva en la actualidad. Esta cuenca fluvial es drenada por el río San Juan, el cual es tributario del Sistema del Desaguadero (Rodríguez, 2019).

2.1.4.1. Estratigrafía

La depresión tectónica del Tulum (Rocca 1969, Zambrano 1986) está rellena con sedimentos cuaternarios aluviales y fluviales, que en ciertos lugares sobrepasan los 600 m de espesor,

apoyados sobre un basamento impermeable Neógeno y/o paleozoico (Rocca 1969, Zambrano 1986, Lloret y Suvires 2006). Los mayores espesores de depósitos cuaternarios se registran al sur del valle. En sondeos eléctricos realizados en la parte profunda de la cuenca se interpretaron espesores de cuaternario de hasta 1000 m (Rocca 1969, Zambrano 1986, Zambrano y Suvires 2008). Los sedimentos están formados por arenas intercaladas con limos, además de gravas gruesas y finas, y material arcilloso, localmente con algún contenido de sales. Se han depositado en la zona periférica del valle en bajadas pedemontanas y abanicos aluviales, mientras que, en el interior de éste, se acumularon en llanuras fluvio-aluviales, con aporte de arenas y limos eólicos. En el centro del valle, los depósitos cuaternarios yacen sobre las sedimentitas rojizas terciarias que son impermeables o contienen poca agua salobre o salada. En la zona sur, en cambio, próxima al límite interprovincial, los terrenos cuaternarios en la superficie y en las primeras decenas de metros en el subsuelo consisten predominantemente en limos y arenas finas limosas con contenido salino (Rocca 1969, Zambrano y Suvires 2008).

En la unidad geomorfológica conocida como abanico aluvial del río San Juan (Rocca, 1969), sitio donde se encuentran nuestras áreas en estudio, el registro estratigráfico del Pleistoceno al Holoceno está representado por depósitos fanglomerádicos y por depósitos finos, fluviales que integran, también, la planicie aluvial distal del río San Juan. Cabe destacar que en la porción sr del Valle de Tulum, estos depósitos predominantemente fluviales, son cubiertos por sedimentos eólicos arenosos finos y limo-arenosos, dispuestos en cordones elongados en sentido N-S, formando cuerpos de dunas, algunos con alturas superiores a los 4 m y de longitudes superiores a los 100 m. En las zonas de relieve cóncavo o interdunar suelen apreciarse sedimentos blancos salinos o a veces sinuosidades cubiertas por vegetación correspondiente a paleocauces fluviales que migraron a través de la planicie. A la fecha no existen dataciones de estos depósitos que permitan correlacionarlos con otros, tal vez con los de las Formaciones La Estacada (Pleistoceno final – Holoceno temprano) y Zampal (loésica). A esta última Polanski (1963), la asigna a la “época postglacial”, posterior al menos a los 10000 A.P.

2.1.4.2. Estructura

En el Valle de Tulum la actividad tectónica está representada principalmente por el sistema de fallas de Tulum. Este sistema definido por Zambrano y Suvires (2008) presenta una

dirección predominante NNE-SSO y generan un control en los recursos hídricos superficiales (Rodríguez *et al.* 2018) y subterráneos (Rocca 1969) y en los suelos (Suvires 2004).

En 1969, Rocca estudia la hidrogeología de la región y documenta la existencia de una gran falla enterrada en el valle de Tulum y la denomina falla de Tulum. Que presenta un rumbo noreste-suroeste, con una longitud aproximada de 84 km. La falla y estructuras asociadas habrían influido marcadamente sobre la sedimentación del relleno aluvial, afectando de esta manera al movimiento y distribución actual del agua.

2.1.4.3 Geomorfología

La zona donde se llevó a cabo este estudio se caracteriza por estar en un ambiente aluvial. Suvires, (2004) menciona y describe que el abanico aluvial se desarrolla con una pendiente no mayor del 3,5 % en su zona proximal. Tiene su extremo apical a los 730 metros en la quebrada de Zonda. Esta última corresponde a un antiguo curso del río San Juan que drenaba desde el valle de Ullum-Zonda, al oeste, hacia el valle de Tulum, al este. Actualmente el río desemboca hacia el Tulum a través de la quebrada de Ullum, unos 10 km más al norte de la de Zonda. El abanico tiene una longitud media de 19 km y un ancho máximo, medido en línea recta en el extremo distal de 30 kilómetros, a su vez, el sector proximal presenta una menor degradación por el ser humano y se caracteriza por la existencia de una pátina de barniz del desierto que cubre a rodados y gravas. El sector medio a distal está cultivado y urbanizado.

2.1.4.4 Suelos

En 1976, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) realizó un diagnóstico de los suelos de los valles de Tulum y Ullum-Zonda como trabajo previo a la construcción de la Presa Embalse de Ullum, con el fin de ampliar la red de riego de la superficie inculca del valle de Tulum. Los suelos se desarrollan sobre los depósitos del mega abanico aluvial del río San Juan y sobre la antigua llanura de inundación del río San Juan (Suvires, 2014). Están constituidos por capas de gravas intercaladas con arenas, limos y con depósitos de canales abandonados.

Los suelos del Valle de Tulum tienen su génesis en materiales aluviales y coluviales depositados por el río San Juan en el Cuaternario tardío, se caracterizan por ser jóvenes, con poco desarrollo de horizontes pedogenéticos, típicos de cualquier región árida de clima

riguroso y formación aluvional (INTA, 1976; Suvires y Zambrano, 2000). Para clasificar los suelos del valle de Tulum se ha tomado el sistema propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, denominado “Soil Taxonomy” (Soil Survey Staff, 1975). Se determinó que todas las unidades pertenecen al Orden **Entisol**, salvo el complejo Ramón Franco que pertenece al Orden **Aridisol**.

Suvires (2004), analizó la distribución de los suelos en función del relieve y de los procesos tectónicos que afectan el valle de Tulum, reconociendo tres unidades de relieve (abanico aluvial del río San Juan, planicie aluvial del río San Juan y la zona de transición entre ambos), las que se asocian con los suelos identificados previamente por INTA (Complejos el Salado, Ramón Franco y Médano de Oro respectivamente). Los procesos neotectónicos jugaron un rol importante, afectando a los aridisoles del complejo Ramón Franco. Éstos sufrieron erosión eólica y quedaron expuestos en superficie los horizontes argílicos, cálcicos y gípsicos, que actualmente se encuentran en posición adyacentes al complejo Médano de Oro. El área de estudio se encuentra en el compelo El Salado según la clasificación propuesta por INTA (INTA,1976). La cual se caracteriza por pertenecer al Orden de los Entisoles, Torrifluventes típicos de familia Franco fina y Franco gruesa sobre esquelético arenoso. Los perfiles que integran este complejo tienen la característica de un suelo de texturas variadas, con predominio de textura franco limosa, siempre apoyado sobre un subsuelo arenoso con elevado porcentaje (>60%) de gravas, gravillas y cantos rodados. En muchos sitios cultivados, los agricultores efectuaron rellenos con tierra o extracción de piedras ubicadas superficialmente para generar una capa de suelo más profunda y facilitar las labranzas de los mismos. Presentan buen drenaje profundo, aceptable a buena capacidad de retención de agua. Su ubicación privilegiada desde el punto de vista climático, hace que sus limitantes sean despreciables con un manejo adecuado (Ortega *et al.*, 2023).

2.1.4.5. Hidrología

La cuenca del río San Juan se localiza en el sector centro sudoccidental de la provincia de San Juan su principal curso, el río San Juan nace a partir de la confluencia de, los ríos Castaño y de los Patos, estos confluyen en la localidad de Las Juntas, al norte de la localidad de Calingasta. A partir de Las Juntas el río ingresa en el ámbito de la Precordillera, escurriendo de oeste a este y describiendo en su trayecto una inflexión hacia el sur como consecuencia del control que sobre él ejerce la sierra de la Dehesa. En este ambiente semiárido, en el que

las precipitaciones son inferiores a los 200 mm, el río ha excavado una profunda quebrada, desarrollando un valle de tipo antecedente. Su régimen es del tipo nival de primavera-verano, y en los períodos de estiaje el curso queda reducido a diversos brazos que encierran pequeñas islas pedregosas que serán removidas en el período de crecida subsiguiente. En el ámbito precordillerano llegan al colector cauces secos que drenan las escasas lluvias estivales de carácter torrencial conformando torrentes que luego resultan abanicos de deyección, algunos de considerable amplitud (Lupano, 2008).

2.1.4.6. Hidrogeología

La cuenca de agua subterránea del valle de Tulum se extiende entre las Sierras Pampeanas Occidentales y Precordillera Oriental. La cuenca sedimentaria del Tulum es de origen tectónico y ha recibido aportes hídricos y sedimentarios desde el Pleistoceno (unidades acuíferas) dispuestos sobre un basamento de edad Neógeno (basamento hidrogeológico).

Los sedimentos cuaternarios, constituyen los reservorios de agua subterránea de la cuenca, alcanzan un espesor máximo aproximado de 700 m, en donde se alojan acuíferos confinados (al sureste del valle) y libres (centro y oeste del valle). La base de la cuenca está conformada por rocas sedimentarias Neógenas de las formaciones Lomas de las Tapias y Mogna, que contienen una configuración ondulada controlada por procesos tectónicos.

En el sector proximal al frente de montaña de la Precordillera Oriental, la morfología de los constituyentes que conforman los depósitos cuaternarios, otorga las características ideales para comportarse como sitio de recarga de los acuíferos del valle por parte de infiltración de las aguas del lecho del río San Juan (alta permeabilidad y porosidad). La recarga del agua también se da en las zonas cultivadas distribuidas en los distintos puntos del valle. Así como existen zonas de recarga de acuíferos, también hay de descarga de agua a partir de los arroyos naturales de Los Taponés y Agua Negra. También se han registrado recargas hídricas subterráneas desde el ámbito montañoso cercano, en cuyo caso la vertiente occidental de la sierra Pie de Palo aporta al sector de antigua llanura de inundación del río San Juan.

El agua subterránea presenta un gradiente hidráulico hacia el sureste, con profundidades que varían entre 90 m en el sector proximal del acuífero libre en el cono aluvial del río San Juan y cercana a la superficie en las proximidades del límite con el acuífero confinado (Lohn 1970; Zambrano 1986).

2.2 Trabajo de Campo

Se realizó una transecta de oeste a este, entre noviembre y diciembre del 2022 (primavera) se concurrió a los sitios de muestreo ubicados en los departamentos de Rivadavia (Plaza de Marquesado y Av. Libertador), Capital (Plaza 25 de Mayo y calle Mendoza) y Santa Lucía (Plaza de Santa Lucía y calle Ramón Franco).

Con un barreno se realizó la recolección de muestras compuestas de suelo en tres pozos al azar dentro del espacio verde (E.V), y en otros tres pozos ubicados en arbolado de alineación en veredas (A.A), todos los pozos tuvieron una profundidad de 120 cm cada uno desde la superficie y se realizaron cerca de un ejemplar de morera (*Morus alba*) a 30 cm de distancia del tronco, tanto en E.V como en A.A.

Las muestras compuestas de suelo se recolectaron en bolsas plásticas y se etiquetaron con marcador negro permanente para su conservación, posterior traslado y análisis al Laboratorio de suelos de la FCEfyN-UNSJ (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-Universidad Nacional de San Juan) ubicado en calle Hipólito Yrigoyen y Av. Ignacio de la Roza, como así también para el traslado al laboratorio de Suelos del INTA-Pocito-San Juan ubicado en calle 11 entre calle Manuel Lemos y calle Roberto Vidart. Según datos de la Dirección de Arbolado Público y del Vivero Provincial Agr. Torti, los individuos de morera seleccionados para este estudio corresponden al mismo grupo etario, se realizó la medición en los individuos de morera (*Morus alba*) de la altura, para ello se empleó el método de triángulos semejantes del Teorema de Tales (Baldor, 2004), DAP (diámetro a la altura del pecho), donde se utilizó cinta métrica y se registró el valor a la altura del pecho en el fuste, para medir el ancho y largo de copa a cada ejemplar de morera se observó debajo de la copa el extremo de la rama más distante y con cinta métrica se midió la distancia hasta el extremo de otra rama opuesta (Wabo, 2002). Se registró la presencia o ausencia de sistema de riego (acequia, a manto, aspersion, goteo) y presencia o ausencia de agua visible en ese momento. Los datos se registraron en planillas de papel para su posterior carga en planilla digital del software EXCEL, (Figura 2 a-f).

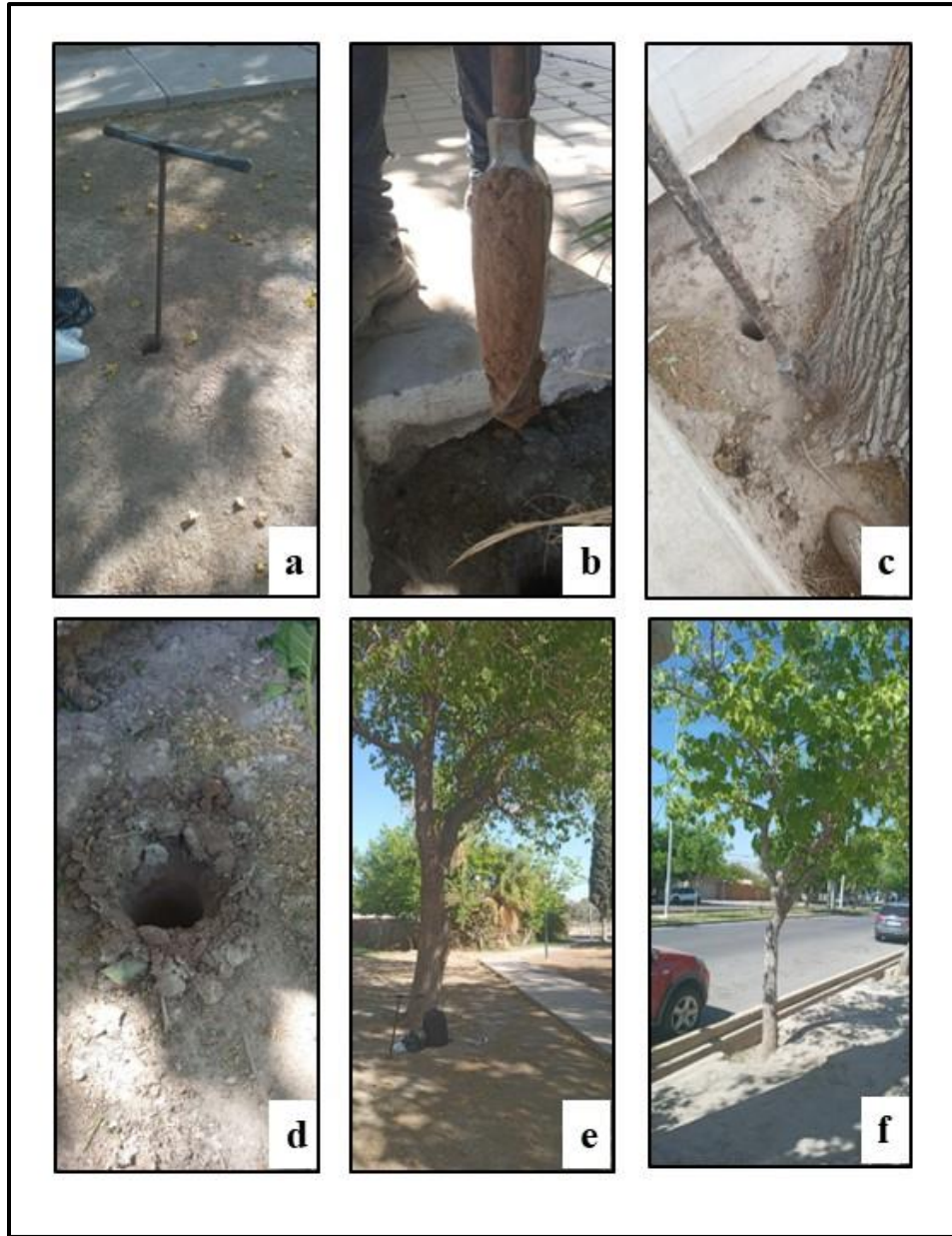


Figura 2 a-f. a,b,c d) Extracción y recolección de muestras de suelo utilizando barreno en los sitios de espacios verdes y arbolado de alineación en los sitios de muestreo. e y f) Medición de altura (m), DAP (m), ancho y largo de copa (m) en ejemplares de morera (*Morus alba*).

Una vez realizada la recolección, a las bolsas con las muestras se les midió la humedad del suelo, para esto se utilizó el software Arduino y ArduinoDroid, los cuales se configuraron y programaron previamente (programación Phytton), se empleó un sensor de humedad Arduino FC-28 y una placa ArduinoNANO conectada por cable USB a un celular marca SAMSUNG A10 S con sistema operativo Android, con esto se pudo realizar en el momento el registro del porcentaje de humedad, (Figura 3 a-c).

Una vez que se realizó la lectura de humedad en una muestra de suelo, se retiró el sensor y con agua destilada se limpió, se secó con un paño de papel, para luego ser utilizado en la próxima medición.

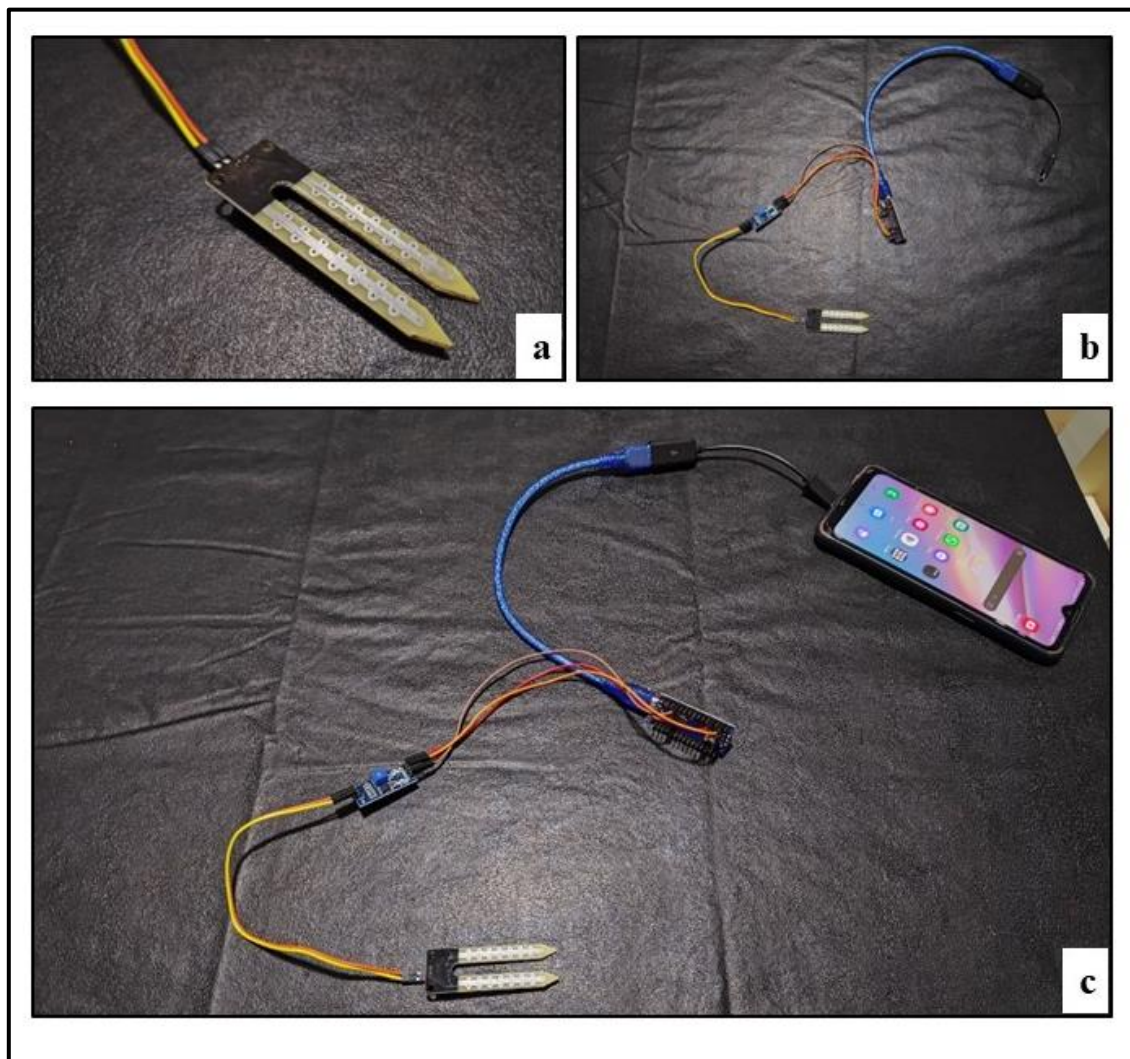


Figura 3 a-c. Elementos utilizados para medir porcentaje de humedad en las muestras de suelo. a) sensor de humedad Arduino FC-28, b) placa ArduinoNano conectada a sensor de Humedad Arduino FC-28, y c) concección de sensor de humedad Arduino FC-28, placa ArduinoNano a Celular Samsung A 10S donde se registran las lecturas de porcentaje de humedad en el suelo.

2.3 Trabajo de Laboratorio

El análisis de las muestras y las tareas de laboratorio se dividieron en dos lugares, en el Laboratorio de suelos de la FCEFyN-UNSJ se realizó la medición de las texturas y en el otro Laboratorio de suelos del INTA-departamento Pocito-San Juan se realizó la medición de

Nitrógeno total (N total), Fósforo Intercambiable (P_2O_5), Potasio Intercambiable (K_2O), conductividad eléctrica (CE) y pH.

2.3.1 Medición y Clasificación de Texturas en Laboratorio de la FCEfyN-UNSJ

Con las muestras de suelo recolectadas en las bolsas, se procedió a extraer y separar una porción de 300 gramos de suelo de cada una y se colocó en recipiente de plástico con su rotulado correspondiente, se utilizó una balanza analítica OHAUS® Pioneer™ con calibración interna, capacidad de 320 g y sensibilidad de 0,001 gr. Luego se procedió a realizar la separación de las fracciones de suelo en arenas (valores de 1 mm a 63 μm), limos (63 μm a 4 μm) y arcillas (menores a 4 μm). Para ello se utilizaron los tamices de la serie ASTM numero 10 (2000 μm) para eliminar las partículas mayores a 2 mm, 35 (500 μm), retiene arena gruesa a media, 140 (106 μm) retiene arena medio a fina, 270 (53 μm) retiene arena muy fina y por último la fracción pasante de la malla 270, retiene sobre la base de la torre de tamices limos y arcillas. Se colocó la porción de cada muestra en la parte superior de la torre de tamices, se humedeció con agua destilada, favoreciendo el ensayo de cribado. Luego de haber separado el material de cada muestra en cada tamiz, se procedió al secado de las mismas a 105°C durante 24 horas, para esto se utilizó una estufa marca DALVO para eliminar el contenido de agua, se pesó nuevamente cada muestra seca y con la fracción más fina retenida, se procedió a continuar con el análisis textural, (Figura 4 a-h).

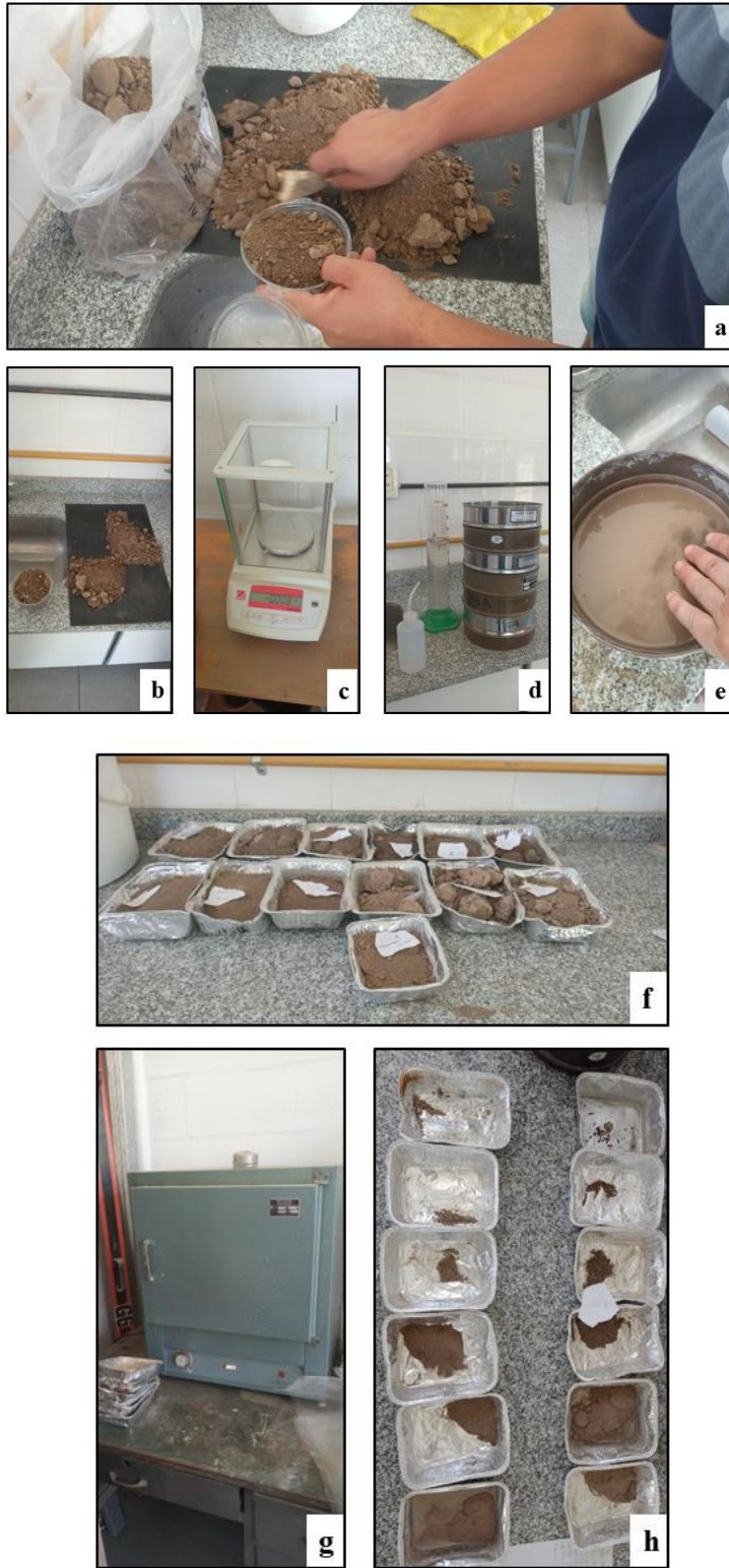
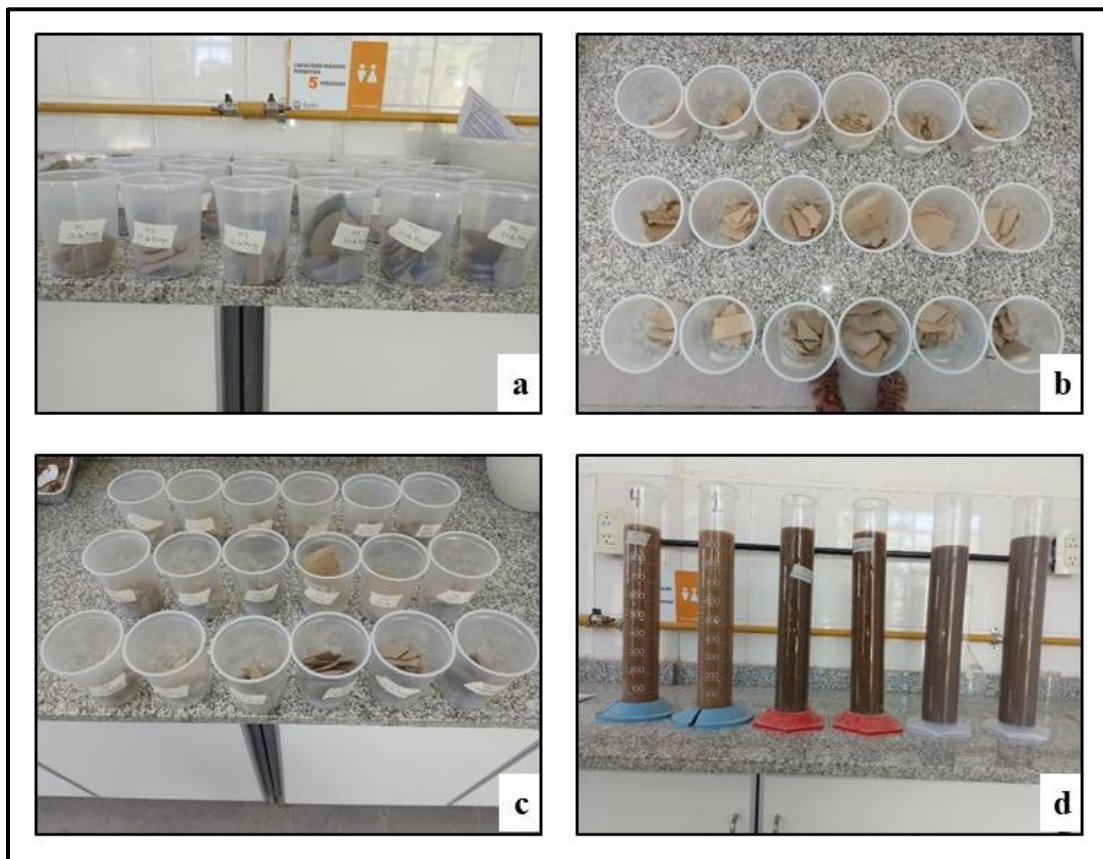


Figura 4 a-h. a y b) Preparación y recolección de muestras de suelo, c) pesado de muestras, d, e y f) separación de partículas por tamizado y recolección g y h) secado en estufa y recolección de partículas de suelo menores a 2 mm en laboratorio para su análisis textural.

En un matraz se preparó solución dispersante (40 gramos de hexametáfosfato de sodio disuelto en 1000 cm³ de agua destilada). En un recipiente se pesó 50 gramos de muestra correspondiente a la fracción limo-arcillosa, se le agregó 125 ml de solución dispersante y se dejó reposar durante 16 horas para que la acción del dispersante sea efectiva. Posteriormente, se mezcló durante 1 minuto en batidora, inmediatamente se vertió la solución en una probeta para sedimentación, a la que se le agregó agua destilada hasta enrasar en 1000 ml. Se introdujo el densímetro de Bouyoucos y se procedió a tomar lecturas cada 2, 5, 15, 30, 60, 250 y 1440 minutos, esto se realizó para cada muestra. La técnica empleada se denomina Método del Hidrómetro, la cual determina cuantitativamente la distribución de tamaño de las partículas de un filler (relleno) para su uso en mezclas turbulentas para tamaños de partículas menores a 80 µm bajo norma NLT-179/77. Las lecturas se registraron en una planilla EXCEL para calcular la curva de distribución granulométrica de las distintas muestras de suelo, tanto de espacios verdes como de alineación en vereda. De este modo se determinó la textura y clasificación de las muestras de suelo mediante el uso del triángulo textural basado en el sistema USDA (United States Department of Agriculture, 2006), (Figura 5 a-e).



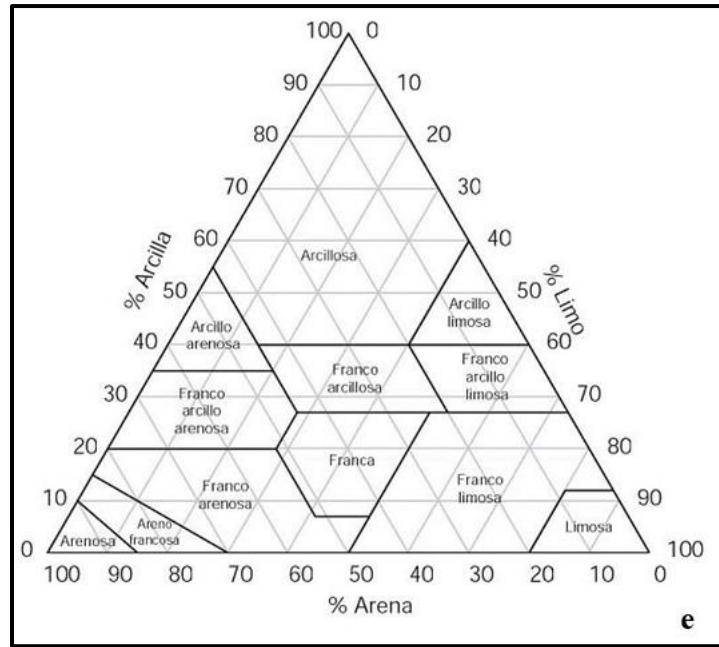


Figura 5 a-e. a, b y c) Preparación de las muestras de suelo para su determinación textural, d) probetas de 1000 cm³ con las muestras de suelo mezcladas en agua destilada para aplicar el método del hidrómetro, e) Triángulo textural (USDA) empleado para determinar las clases texturales en base a los porcentajes de arena, limo y arcilla.

2.3.2 Trabajo y Medición de variables físico-químicas en Laboratorio de suelos de INTA-Pocito-San Juan.

2.3.2.1 Determinación de Nitrógeno Total

La determinación de Nitrógeno Total (N total) se realizó mediante la técnica de Kjeldahl (Bremmer & Mulvaney, 1982), la cual consistió en pesar 1 gramo de cada muestra de suelo en un tubo de ensayo, posteriormente se le agregó a cada tubo de ensayo 5 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 95-98% para análisis (P.A), luego se trasladó cada tubo a un bloque calefactor marca J.P SELECTA™ donde se realizó la digestión a 400°C durante 1 hora, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos, y se llevó cada tubo a destilación, lo que consistió en colocarlos en una destiladora marca J.P SELECTA™ PRO-NITRO S, donde se le agregó a cada muestra de suelo una solución de 15 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 45%, al cabo de 30 segundos la muestra comenzó a hervir y los vapores fueron dirigidos al refrigerante (agua destilada), con esto se obtuvo una alícuota destilada de 100 ml, donde está contenida la cantidad de nitrógeno total en forma de amonio (NH₄⁺), el cual se colectó en vaso de precipitado de 300 ml en un medio ácido (ácido bórico al 4%), una vez realizada esta etapa, se procedió a titular con bureta y en base a colorimetría cada vaso de precipitado con ácido sulfúrico de normalidad conocida (0,0060 N), (Figura 6 a-h).

Luego de la titulación, se obtuvo un valor el cual mediante fórmula se logra conocer la cantidad en partes por millón de Nitrógeno Total (N total).

Fórmula para cálculo de Nitrógeno Total (ppm).

$$\%N = (\text{ml}) \times N_r \times 1,4 / p \text{ gramos}$$

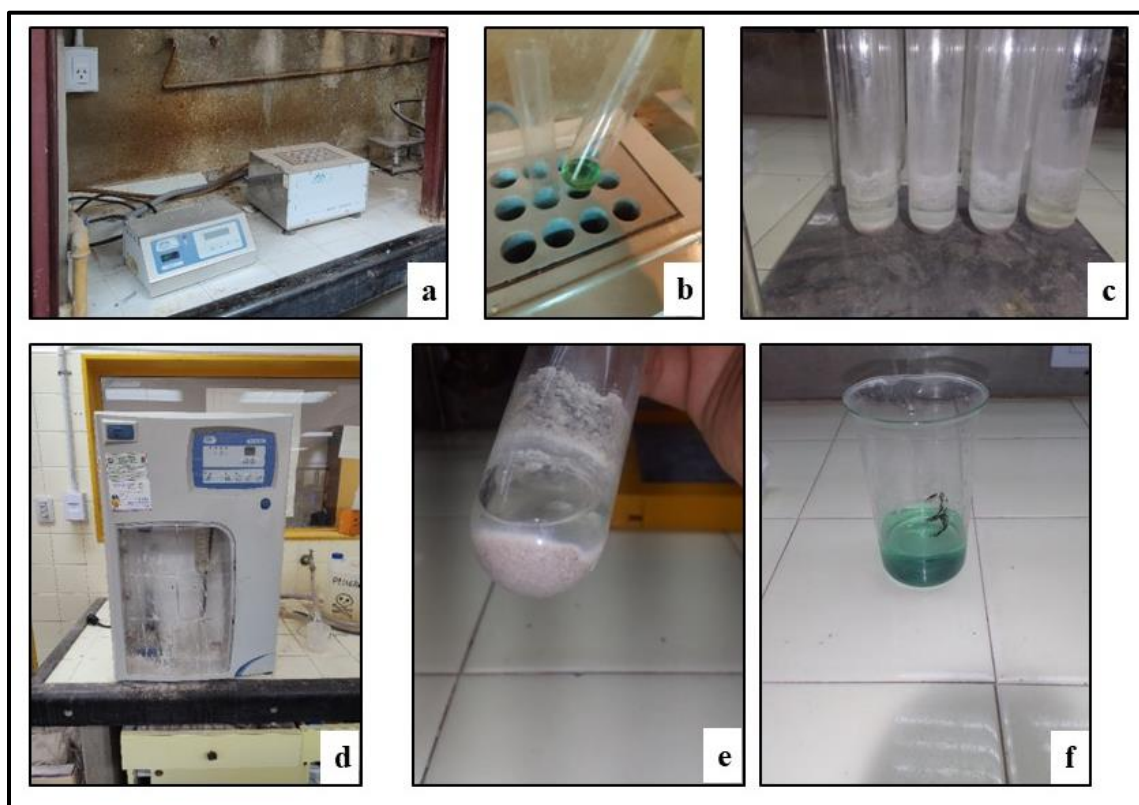
$$\%N \times 10000 = \text{ppm}$$

ml= lectura en la bureta durante la titulación

N_r= Normalidad valorada 0,0060N

1,4= factor de corrección del ácido sulfúrico

p gramos= peso en gramos de la muestra



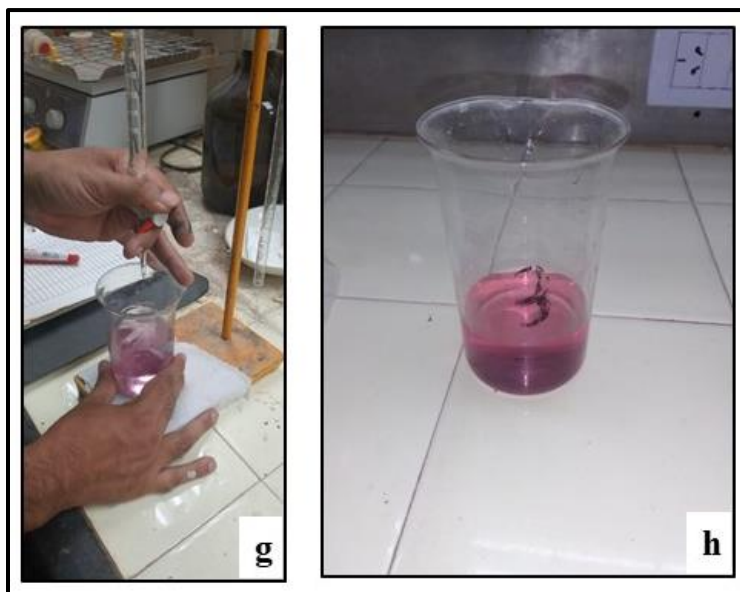


Figura 6 a-h. Procedimiento para la medición de nitrógeno total mediante la técnica Kjeldah. a y b) Bloque calefactor para calentar las muestras de suelo a 400°C, c) tubos de ensayo después del proceso de calentamiento, d) Destiladora para agregado de solución alcalina. e, f y g) procedimiento para titular con bureta y en base a colorimetría, y h) vaso de precipitado con solución luego de la titulación.

2.3.2.2 Determinación de Fósforo Intercambiable

La determinación de fósforo intercambiable (desarrollo de color por el método del ácido ascórbico) se realizó siguiendo la técnica de Bray y Kurtz (1945) modificado la cual consistió en pesar 2 gramos de cada muestra de suelo en balanza de precisión OHAUS® Adventurer™, capacidad de 420 gr y sensibilidad de 1 mg, luego se trasladó cada muestra de 2 gramos a un Erlenmeyer de 250 ml y se le agregó 100 ml de agua destilada, una vez finalizada esta etapa, se procedió a colocar los Erlenmeyer conectados entre sí mediante mangueras de goma para realizar burbujeo con anhídrido carbónico durante 30 minutos cronometrados, dado que se simulan condiciones naturales de la acción radicular para suelos calcáreos con cultivos, que tienden a formar un sistema carbonato-bicarbonato-carbónico. Luego de esta etapa, se procedió a realizar la filtración de las soluciones utilizando embudos con filtros de papel y la recolección en recipientes de 125 ml para obtener un extracto 2/100, a su vez se utilizó un matraz de 50 ml por cada extracto para extraer una alícuota de 10 ml de extracto de cada muestra de suelo. Paralelo a esto, se usaron dos matraces de 50 ml para obtener el blanco (0) y el patrón para realizar la colorimetría y a través de la absorbancia, determinar el valor de fósforo (P_2O_5) en ppm. El blanco se obtuvo agregando 10 ml de agua destilada en uno de los

matraces, y para obtener el patrón, en otro matraz de 1000 ml se preparó una solución de 0,4393 gramos de fosfato ácido de potasio (KH_2PO_4) disuelto en 1000 ml agua destilada, esta solución contiene 100 mmg/l o 100 ppm de fósforo (P_2O_5), luego se extrajo 25 ml de esta solución y se diluyó con agua destilada en otro matraz de 500 ml, lo que permitió obtener una dilución de 5 mmg/l o 5 ppm de fósforo (P_2O_5). De esta última dilución se extraen 10 ml y se coloca en el matraz de 50 ml para obtener el patrón. Cada matraz de 50 ml quedó con 10 ml, es decir los 18 de cada extracto de muestra de suelo, el blanco y el patrón. En otro matraz de 250 ml, se prepara una solución de 1,056 gramos de ácido ascórbico en 50 ml de agua destilada, y se le agregan 200 ml de solución de molibdato de amonio, y se mezcla, obteniendo molibdato de amonio y ácido ascórbico. Luego a cada uno de los matraces de 50 ml (18 con extracto, el blanco y el patrón), se le agregó 10 ml de la solución de molibdato de amonio y ácido ascórbico. Se enrasa a 50 ml con agua destilada y se esperó durante 30 minutos que reaccionara hasta conseguir un color azulado. Luego de esto se procedió a llevar los matraces al Espectrofotómetro U.V visible marca SHIMADZU a 620 nanómetros con cubeta común de 1 ml, donde se realizó la lectura del blanco y del patrón para trazar la curva de valores mínimo y máximo de absorbancia, luego se procedió a realizar la lectura de las soluciones contenidas en el resto de los matraces, (Figura 7 a-e).

Con los valores obtenidos en la lectura se utilizó la siguiente fórmula para determinar el valor de fosforo de cada muestra

$$1/\text{valor del Patrón} \times \text{dilución total} \times \text{lectura del espectro} = \text{P}_2\text{O}_5 \text{ ppm}$$

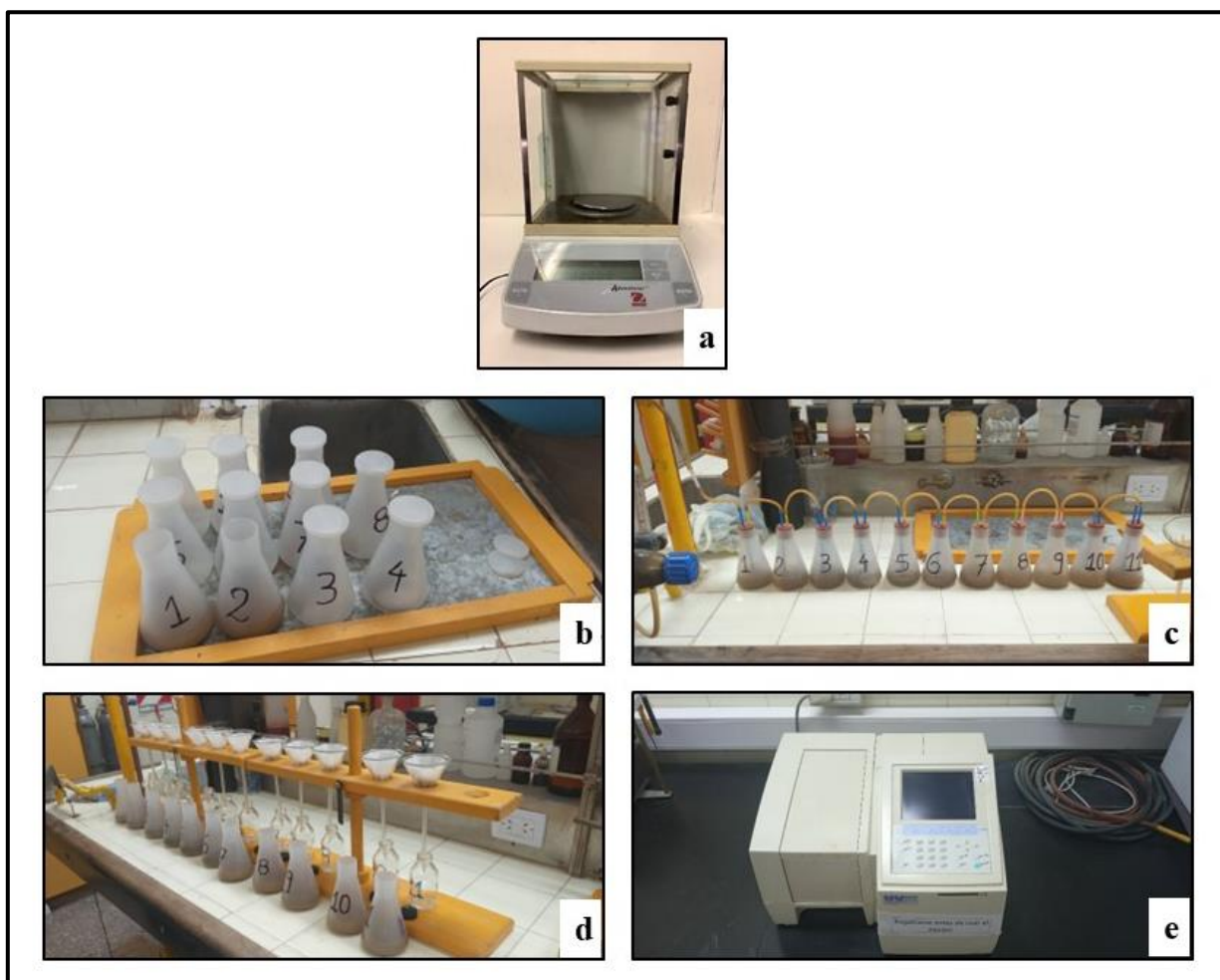


Figura 7 a-e. Procedimiento para la determinación de fósforo disponible. a) balanza de precisión, b) Erlenmeyeres con muestras de suelo, c) procedimiento para simular condiciones de un sistema carbonato-bicarbonato-carbónico mediante burbujeo con anhídrido carbónico, d) filtración para obtener extracto de las muestras de suelo, e) Espectrofotómetro U.V visible para realizar las lecturas según absorbancia de P_2O_5 en ppm.

2.3.2.3 Determinación de Potasio Intercambiable

Para la medición de potasio se empleó la Técnica Potasio Intercambiable (Novozamsky & Houba, 1987), para ello se pesó 6 gramos de cada muestra de suelo, luego se colocó en Erlenmeyer de 250 ml y se le agregó 60 ml de solución extractante de acetato de amonio (1N pH= 7), luego se llevó cada Erlenmeyer para agitación durante 30 minutos. Se realizó filtración en embudos con filtros de papel, se dejó decantar y se recolectó el extracto en matraces aforados de 250 ml, una vez finalizado esto, se les agrega a todos los matraces

aforados agua destilada hasta enrasar. Finalizada esta etapa se procedió a realizar la lectura en Fotómetro de Llama marca CRUDO CAAMAÑO, (Figura 8 a-f).

Luego se registró el valor en miniequivalentes (me), que luego se convirtió a ppm mediante la formula siguiente:

Gramos de muestra de suelo/ 250 ml matraz x me(miniequivalente) . 100 = ppm de potasio

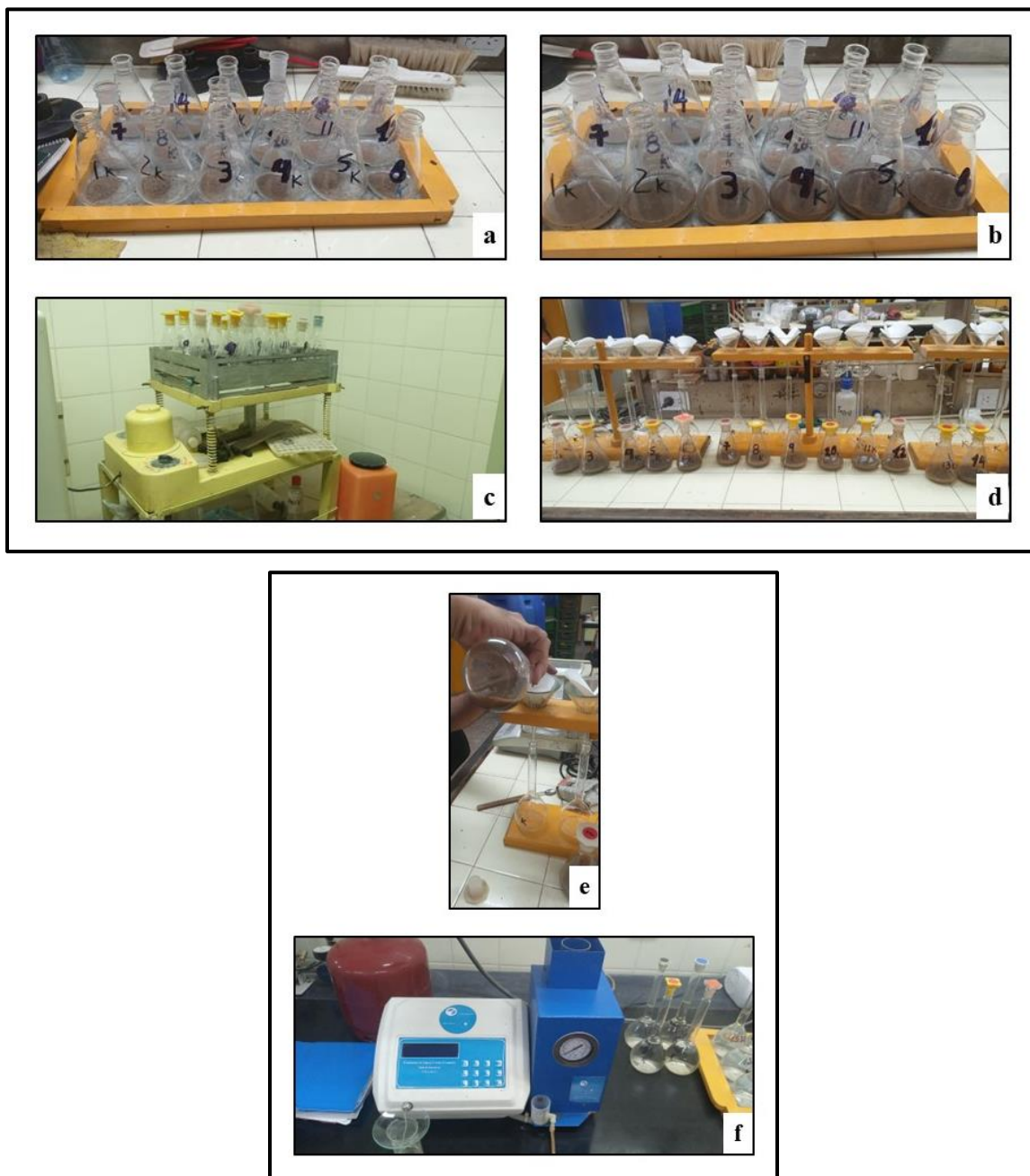
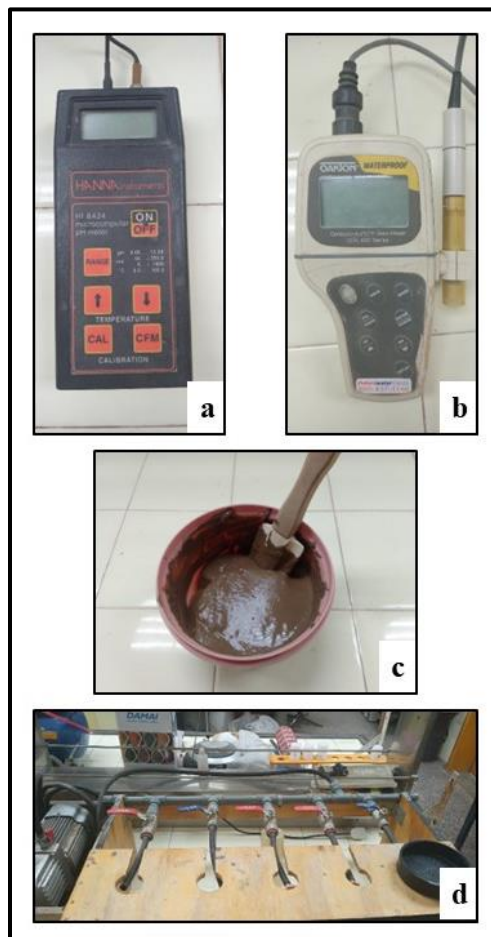


Figura 8 a-f. Procedimiento para la medición de potasio intercambiable. a y b) Erlenmeyer con solución extractante de acetato de amonio, c) mezcladora con Erlenmeyer para su agitación, d y e) filtración y recolección de extracto en matraz, y f) fotómetro de llama para la lectura de valores de K_2O .

2.3.2.4 Medición de Conductividad y pH en muestras de Suelo

Se utilizó el método de pasta saturada y extracto acuoso, la cual consistió en preparar en recipientes una pasta con una porción de cada una de las muestras de suelo saturada con agua destilada en una proporción 1: 1. Se obtuvo una pasta homogénea donde todas las partículas de suelo entran en contacto con el agua destilada, con el fin de disolver todas las sales solubles. Con esta pasta obtenida se realizó la lectura del pH (método potenciométrico) introduciendo el sensor del aparato marca HANNA con su respectivo sensor de temperatura el cual contribuyó a tener una lectura más precisa. Con la misma pasta obtenida, se procedió a colocarla en embudos a los cuales se les insertó en la parte más delgada mangueras para realizar un vacío, y así obtener un extracto acuoso, el cual se recolectó en recipientes, se les colocó el sensor del conductímetro marca OAKTON Waterproof, y se pudo realizar la lectura de la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, (Figura 9 a-f).



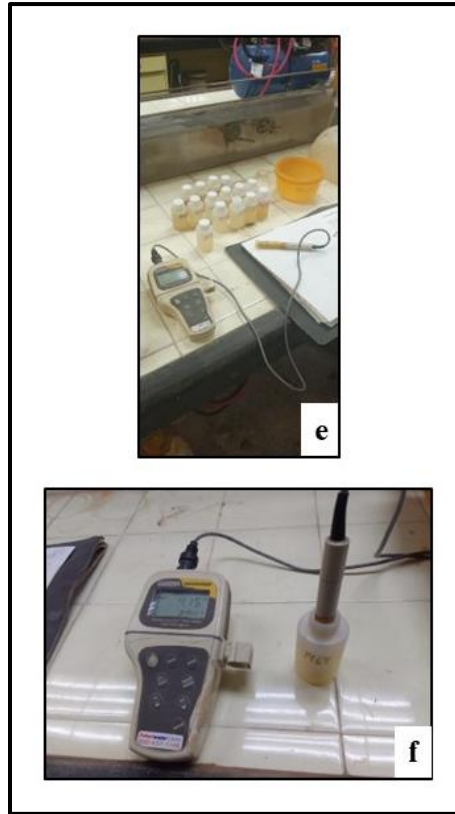


Figura 9 a-f. a) Medidor de pH marca HANNA, b) Conductímetro marca OAKTON Waterproof, c) pasta homogénea de muestra de suelo, d) bomba de vacío para obtención de extracto acuoso, e y f) medición de pH y conductividad.

2.4 Trabajo de Gabinete y Análisis de datos

Con los datos obtenidos de las variables analizadas conductividad (CE en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$), pH, Nitrógeno total (N_2 en ppm), Fósforo intercambiable (P_2O_5 en ppm), Potasio intercambiable (K_2O en ppm), Porcentaje de Arena, Porcentaje de Limo, Porcentaje de Arcilla, Porcentaje de Humedad del Suelo, Altura (m), Diámetro a la altura del pecho (DAP en m) y Superficie de copa (m^2) de cada ejemplar de morera, se utilizó el programa estadístico *R studio* y se procedió a realizar prueba estadística *T-student* (normalidad y homogeneidad de varianza), para cada una de las variables que cumplieron con supuestos de normalidad para comparar y encontrar diferencias entre las muestras de suelo de espacios verdes (E.V) y arbolado de alineación de veredas (A.A). En el caso de las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba estadística no paramétrica Wilcoxon Mann U-Test. Se realizó análisis de la varianza (ANOVA) para cada una de las variables para comparar y encontrar diferencias entre los tres sitios de espacios verdes y los tres sitios de arbolado de alineación de veredas, para ello se realizó análisis de los residuos y se utilizó prueba de

Shapiro Wilk para conocer si los mismos tienen distribución normal y prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett, para los casos donde las variables cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba paramétrica de Tukey, para los casos donde las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y/o homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba estadística no paramétrica Kruskal Wallis. Se realizó también correlación de Pearson con su respectivo coeficiente de correlación “r” para las variables que cumplieron con los supuestos de normalidad (distribución normal y varianzas homogéneas con $p > 0,05$) y de Spearman con su correspondiente coeficiente de correlación “rho” para el caso de las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad ($p < 0,05$) para conocer si hay o no asociación. A su vez se realizó análisis de regresión simple entre las variables con su determinado coeficiente de determinación R^2 . Se utilizó el programa Microsoft EXCEL para realizar gráficos de correlación y regresión.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

3.1 Ejemplares de moreras

Se obtuvieron 18 valores de altura (m), diámetro a la altura del pecho (DAP m) y superficie de copa de individuos de moreras, nueve correspondieron a arbolado de espacios verdes (E.V) y nueve a arbolado de alineación de veredas (A.A).

3.1.1 Altura individuos de moreras

Los ejemplares de moreras de E.V tuvieron una altura promedio $\bar{X}= 10,33$ m y una desviación estándar $S= 1,58$ m, y los de A.A una altura promedio de $\bar{X}= 7,89$ m, y una desviación estándar $S= 3,30$ m. La prueba de normalidad para los datos de altura de moreras (m) en E.V con un $p= 0,01804$ indicó que no distribuyen normal, para los datos de altura de moreras (m) en A.A, con un valor de $p= 0,03714$ indicó que tampoco poseen distribución normal. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para altura de moreras entre los individuos en E.V y A.A, indicó con un valor de $p= 0,07688$, que no hay diferencias significativas en los valores de alturas de individuos de moreras entre los sitios de E.V y A.A., (Figura 10).

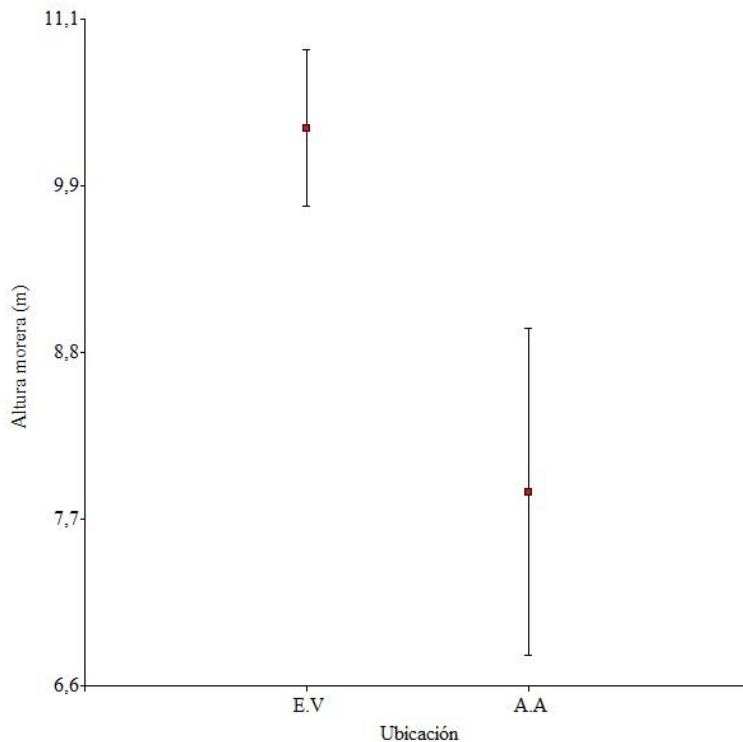


Figura 10. Valores de Alturas de ejemplares de morera (m) en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de altura de los individuos de morera (m) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,1996$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,8258$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,182$ indicó que no hay diferencia entre los valores de altura de los individuos de morera (m) entre los tres sitios de E.V., (Figura 11).

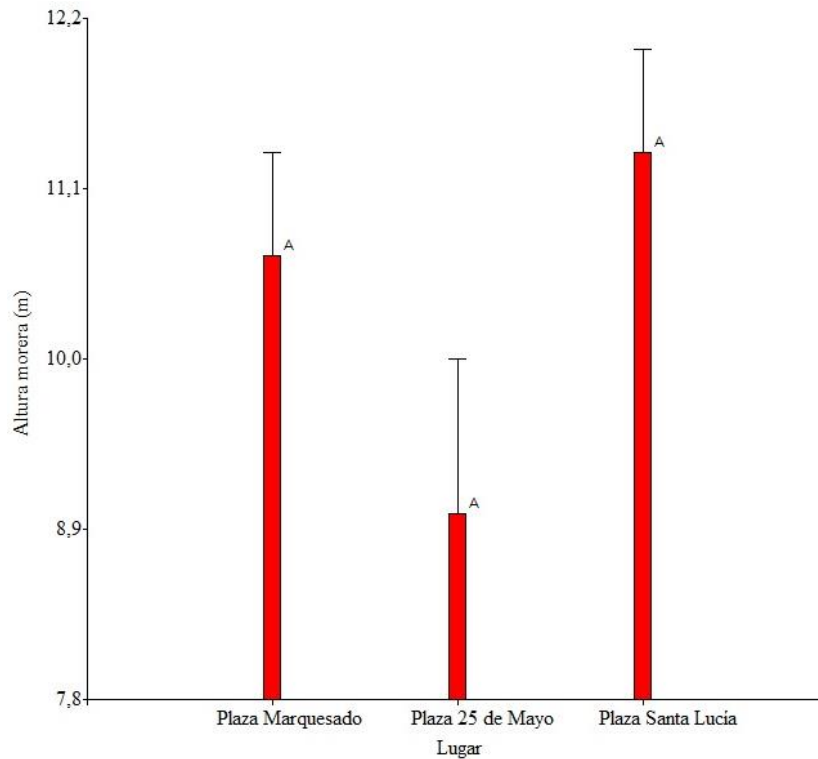


Figura 11. Valores de Alturas de ejemplares de morera (m) en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de altura de individuos de moreras (m) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,7942$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,1048$. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,1299$ indicó que no hay diferencia entre los valores de altura de individuos de morera (m) entre los tres sitios de A.A., (Figura 12).

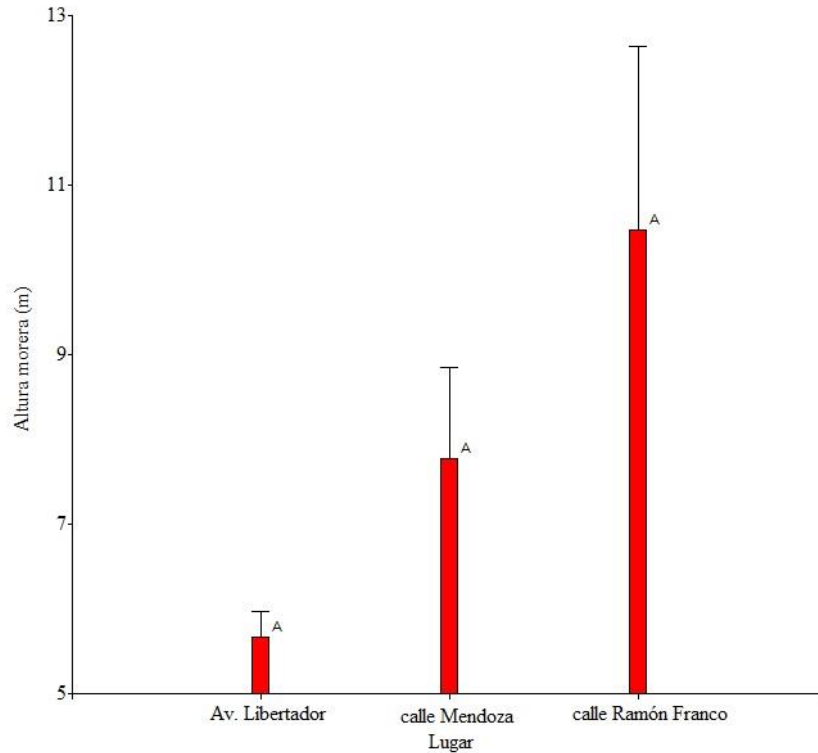


Figura 12. Valores de Alturas de ejemplares de morera (m) en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

3.1.2 DAP individuos de moreras

Los ejemplares de morera de E.V tuvieron un valor DAP promedio $\bar{X}= 0,39$ m, y una desviación estándar $S= 0,06$ m y los de A.A un DAP promedio $\bar{X}= 0,31$ m y una desviación estándar $S= 0,17$ m. La prueba de normalidad para los datos de DAP de los individuos de moreras (m) en E.V con un valor de $p= 0,01221$ indicó que no distribuyen normal, para los datos de DAP de moreras (m) en A.A con un valor de $p= 0,01414$ indicó que tampoco poseen distribución normal. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para DAP de individuos de moreras entre los individuos en E.V y A.A, indicó con un valor de $p= 0,03398$, que existe evidencia que indica que hay diferencias significativas en los valores de DAP de individuos de moreras en los sitios de E.V y A.A., (Figura 13).

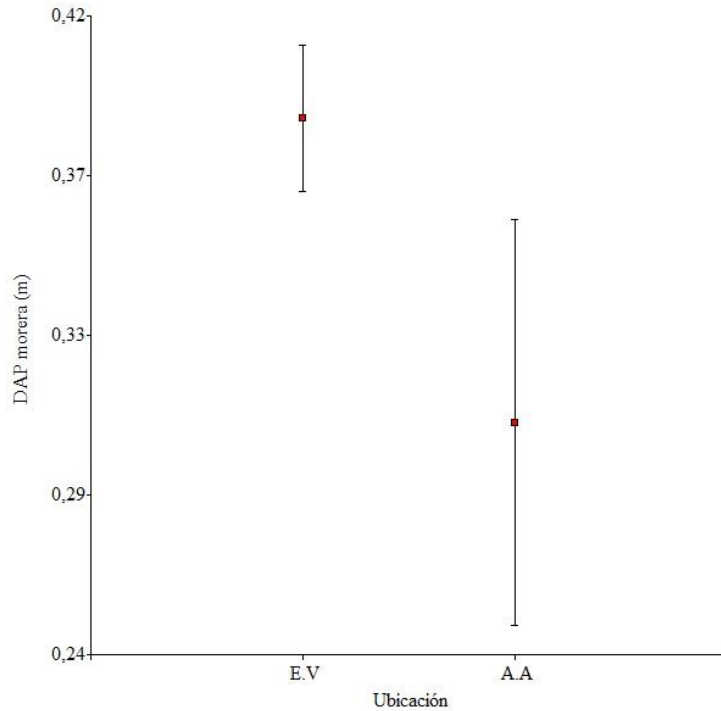


Figura 13. Valores de diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros de ejemplares de morera en ambos sitios, Espacios Verdes (E.V) y Arbolado de Alineación (A.A).

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de DAP de los individuos de morera (m) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,7663$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 1$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,3318$ indicó que no hay diferencia entre los valores de DAP de los individuos de morera (m) entre los tres sitios de E.V., (Figura 14).

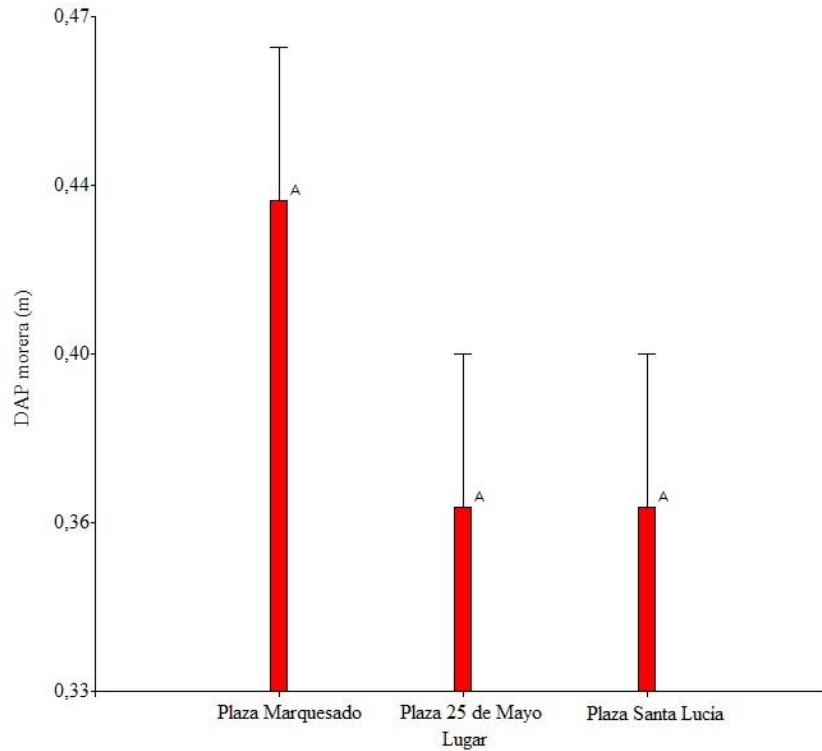


Figura 14. Valores de Diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de DAP de individuos de moreras (m) previo al análisis de ANOVA entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,2542$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,05726$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,07813$ indicó que no hay diferencia entre los valores de DAP de individuos de morera (m) entre los tres sitios de A.A., (Figura 15).

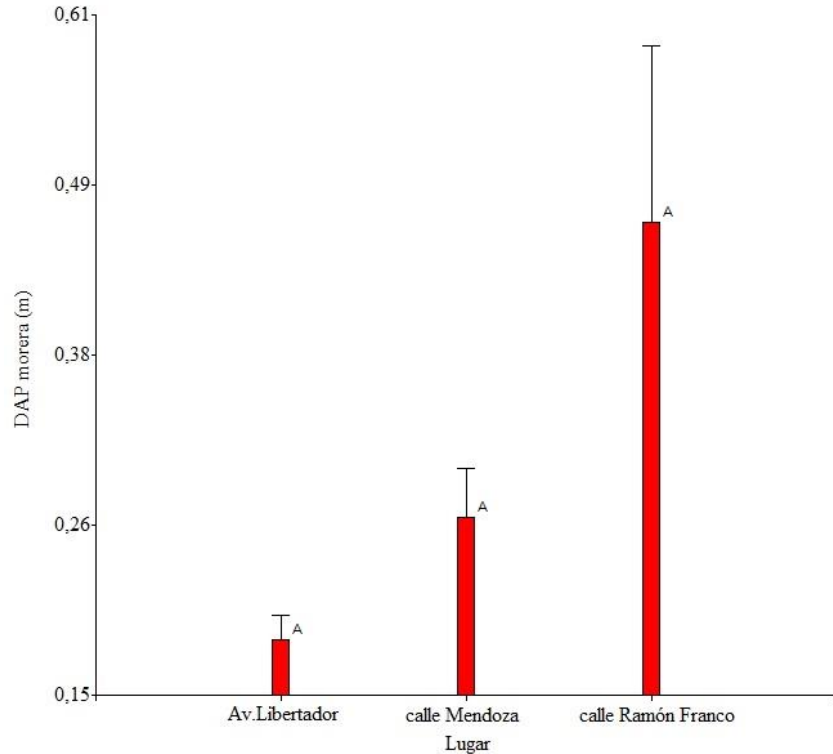


Figura 15. Valores de Diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros, en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

3.1.3 Superficie de copa individuos de morera

Los ejemplares de moreras de E.V tuvieron una superficie de copa promedio $\bar{x}= 31,40 \text{ m}^2$, y una desviación estándar $S= 11,34 \text{ m}^2$ y los de A.A un valor de superficie de copa promedio $\bar{x}= 26,52 \text{ m}^2$ y una desviación estándar $S= 24,11 \text{ m}^2$. La prueba de normalidad para los datos de superficie de copa de los individuos de moreras (m^2) en E.V con un $p= 0,5862$ indicó que distribuyen normal, para los datos de superficie de copa de individuos de moreras (m^2) en A.A con un valor de $p= 0,2846$ indicó que poseen distribución normal. La prueba de homogeneidad de varianza indicó con un valor de $p= 0,1285$, que son homogéneas. La prueba *T-student* para superficie de copa de individuos de moreras entre los individuos en E.V y A.A, indicó con un valor de $p= 0,1905$ que no hay diferencias significativas en los valores de superficie de copa de individuos de moreras entre los sitios de E.V y A.A., (Figura 16).

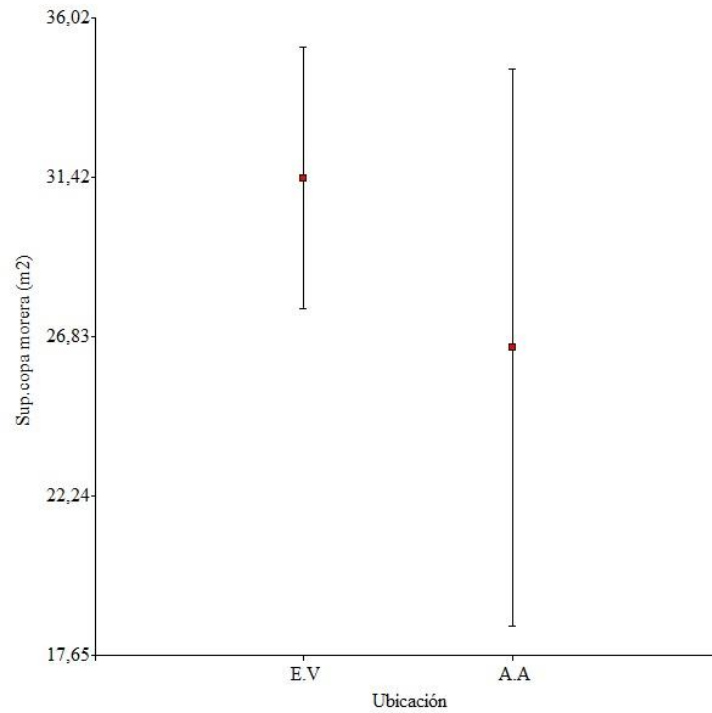


Figura 16. Valores de Superficie de copa de ejemplares de morera (m²) en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de superficie de copa de los individuos de morera en E.V, en los tres sitios, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco con un valor de $p=0,6642$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,5078$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p=0,6425$ indicó que no hay diferencia entre los valores de superficie de copa de los individuos de morera entre los tres sitios de E.V., (Figura 17).

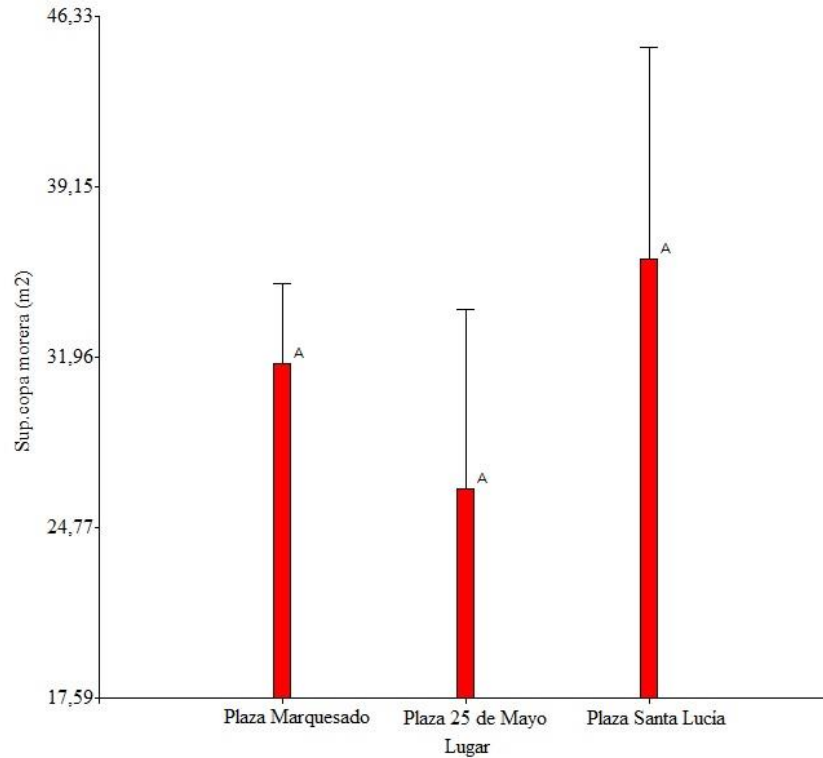


Figura 17. Valores Superficie de copa de ejemplares de morera (m²) en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de superficie de copa de individuos de moreras (m²) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,1551$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 2,2e-16$, no cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA no paramétrico con prueba de Kruskal Wallis con un valor de $p= 0,04472$, indicó que hay diferencia entre los valores de superficie de copa de individuos de morera entre los tres sitios de A.A., (Figura 18).

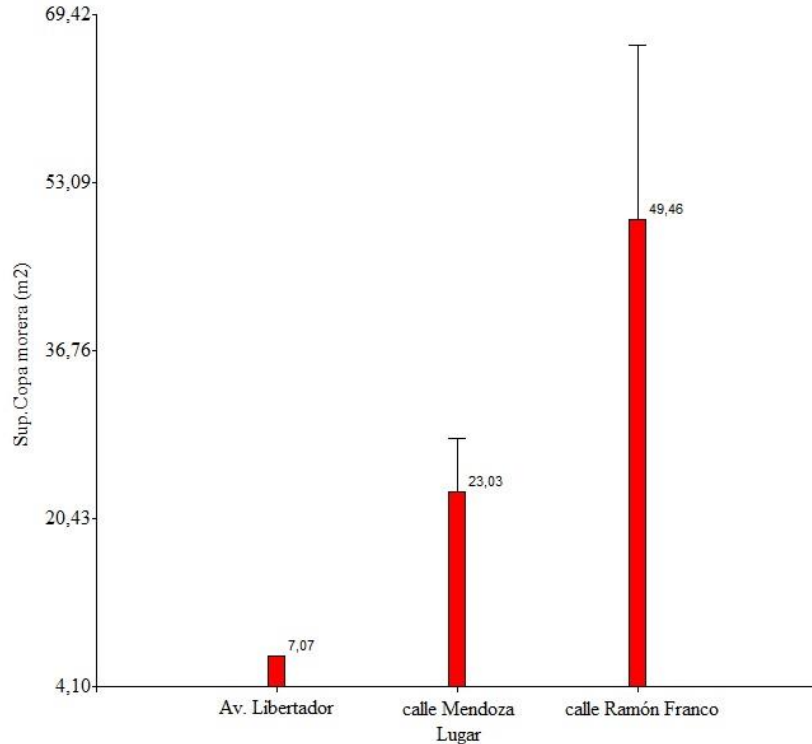


Figura 18. Valores de Superficie de copa de ejemplares de morera (m²) en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

3.2 Análisis Textural de Suelos

Se obtuvieron 18 muestras texturales de suelos en total, nueve correspondieron a E.V y nueve a A.A. Los valores obtenidos Para la plaza de Marquesado indican texturas Franco-Arenosa (FA) y Areno-Francosa (AF), para Av. Libertador indican texturas Franco (F). Para la Plaza 25 de Mayo, las textura indica Franco (F) y Areno-Francosa (AF). Para calle Mendoza indican texturas Arenoso-Franco (AF). Para la plaza de Santa Lucia indican textura Franco (F). Para vereda de calle Ramón Franco indican texturas Franco (F) y Franco-Limosa (FL), (Tabla 1 y Figura 19).

Tabla 1. Valores de texturas en Espacios Verdes (E.V) y Arbolado de Alineación (A.A).

Lugar	Ubicación	arena %	limo %	arcilla %	total %	clasificación
Plaza Marquesado	E.V	81	16	3	100	Areno-francosa
Plaza Marquesado	E.V	59	31	10	100	franco-arenosa
Plaza Marquesado	E.V	70	25	5	100	franco-arenosa
Av. Libertador	A.A	38	45	17	100	franco
Av. Libertador	A.A	37	44	19	100	franco
Av. Libertador	A.A	40	43	17	100	franco
Plaza 25 de Mayo	E.V	52	32	16	100	franco
Plaza 25 de Mayo	E.V	34	44	22	100	franco
Plaza 25 de Mayo	E.V	63	26	11	100	franco-arenosa
Calle Mendoza	A.A	85	12	3	100	arenoso-franco
Calle Mendoza	A.A	80	16	4	100	arenoso-franco
Calle Mendoza	A.A	76	18	6	100	arenoso-franco
Plaza Santa Lucía	E.V	29	47	24	100	franco
Plaza Santa Lucía	E.V	30	47	23	100	franco
Plaza Santa Lucía	E.V	42	48	10	100	franco
Calle Ramón Franco	A.A	36	44	20	100	franco
Calle Ramón Franco	A.A	38	43	19	100	franco
Calle Ramón Franco	A.A	24	54	22	100	franco-limoso

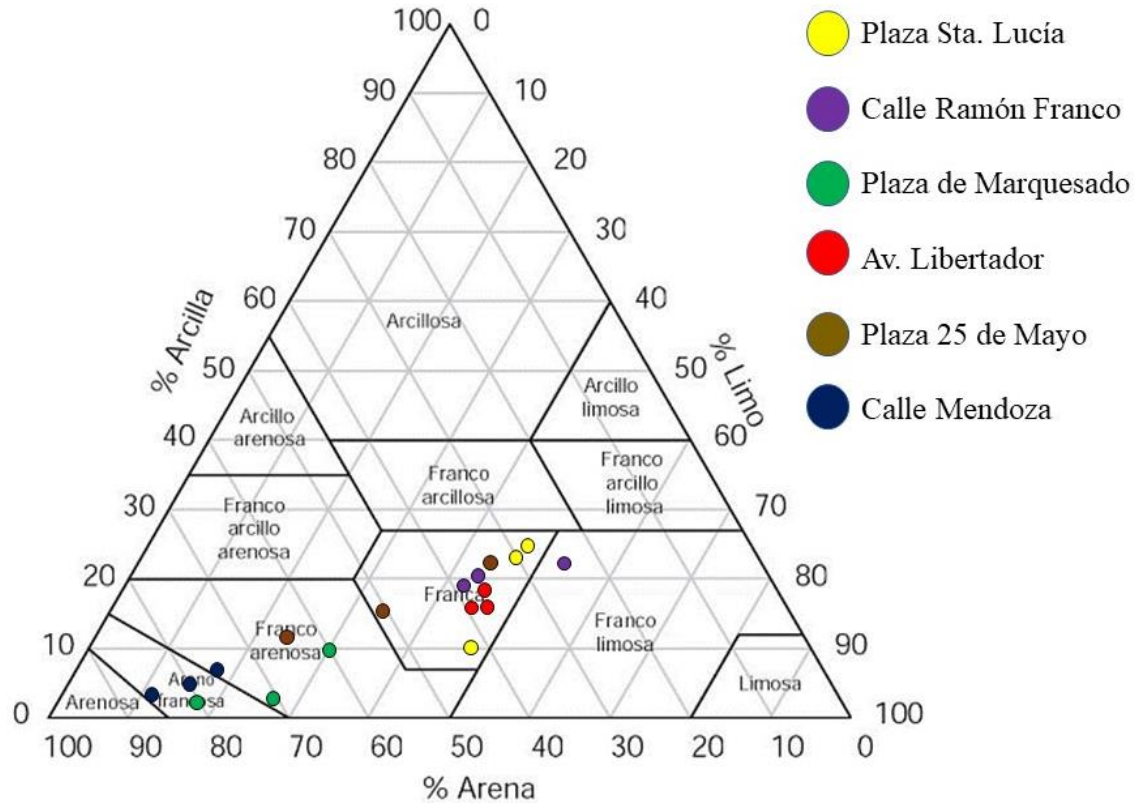


Figura 19. Triángulo textural con las respectivas clases texturales obtenidas de los sitios de muestreo en arbolado de espacios verdes (E.V) y arbolado de alineación de veredas (A.A).

3.2.1 Conductividad eléctrica (CE)

En suelos, tanto en E.V como en A.A se obtuvieron valores de CE ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) elevados. Para E.V se obtuvo un valor de CE promedio $\bar{x}= 4013 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ y una desviación estándar $S= 2128,86 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ y para A.A se obtuvo un valor promedio de CE $\bar{x}= 5270 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ y una desviación estándar $S= 3594,48 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. El análisis estadístico de normalidad para los datos de conductividad eléctrica (CE) en suelo de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,5938$, para los datos de CE de A.A indicó que también tienen distribución normal con un valor de $p= 0,2122$, la prueba de homogeneidad de varianzas entre los datos de E.V y A.A indicó que son homogéneas con un valor de $p= 0,1597$. La prueba *T-student* para la CE entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) entre E.V y A.A con un valor de $p= 0,3799$, (Figura 20).

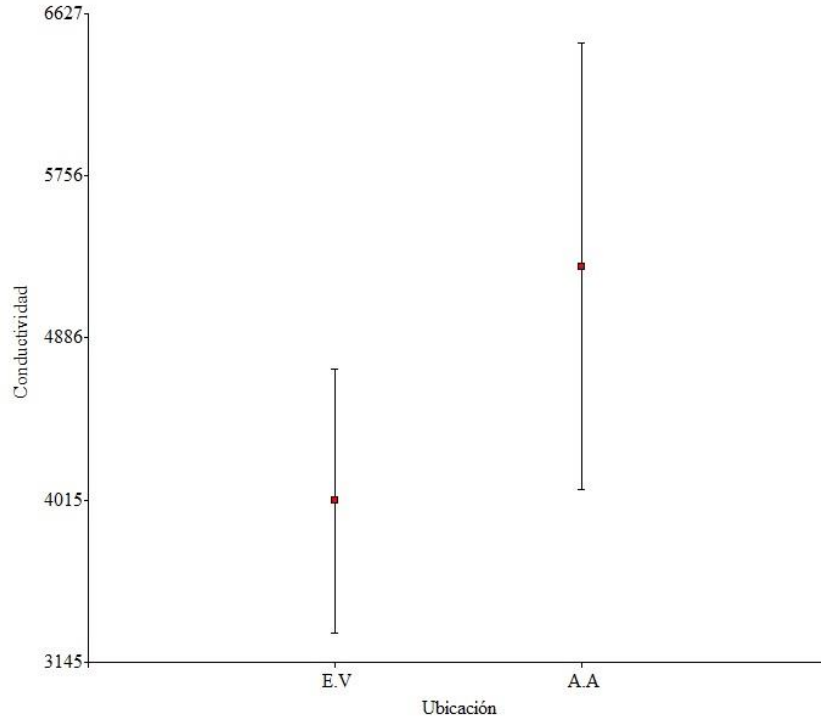


Figura 20. Valores de Conductividad Eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de CE ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,3831$ y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,07621$, cumpliendo con este requisito. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,1409$ indicó que no hay diferencia entre los valores de conductividad eléctrica entre los tres sitios de E.V., (Figura 21).

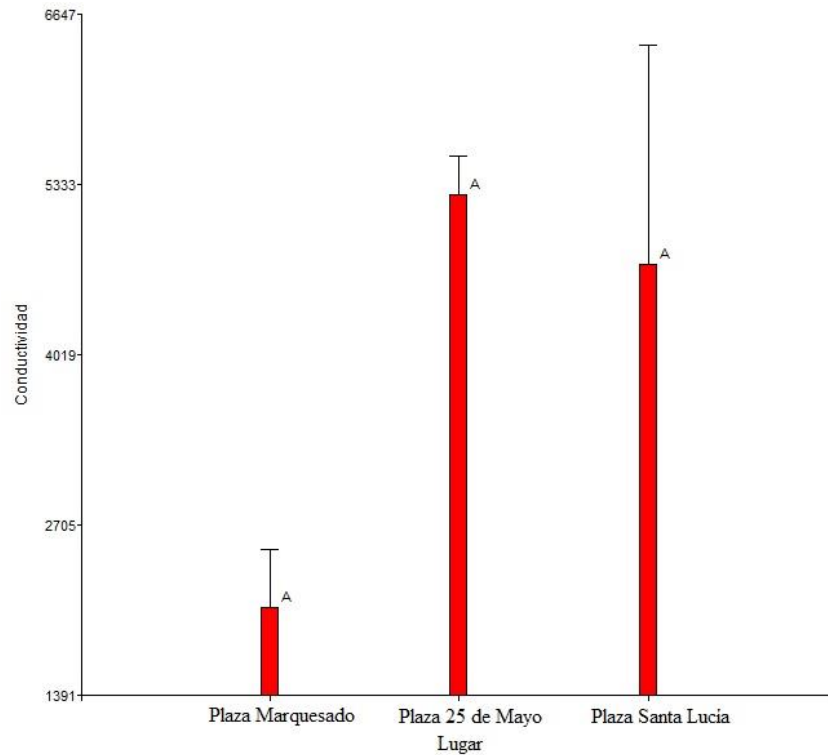


Figura 21. Valores de conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de CE ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p=0,9428$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,6231$, cumpliendo con este requisito. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p=0,06824$ indicó que no hay diferencia entre los valores de conductividad eléctrica entre los tres sitios de A.A., (Figura 22).

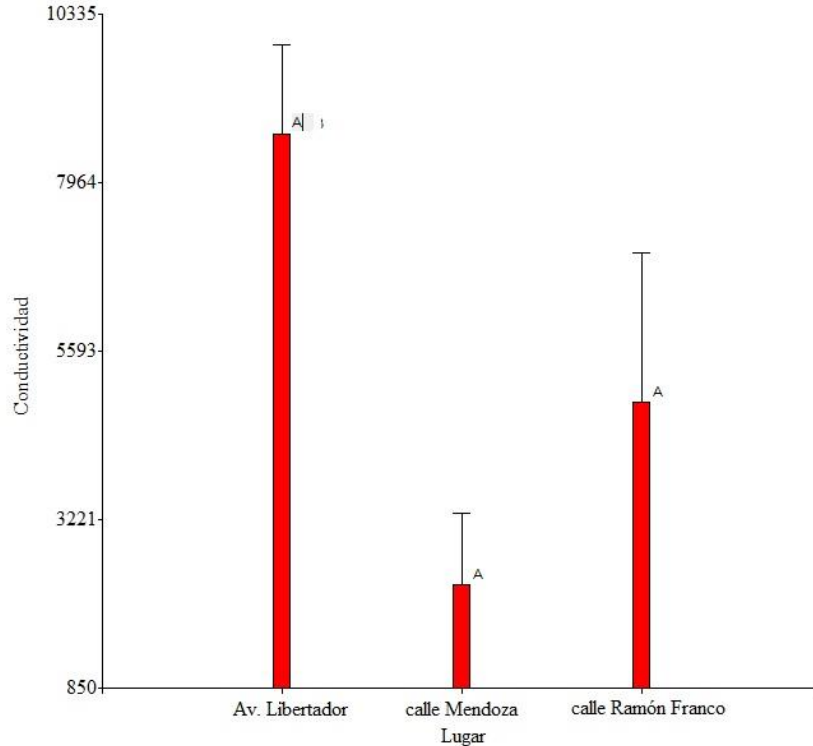
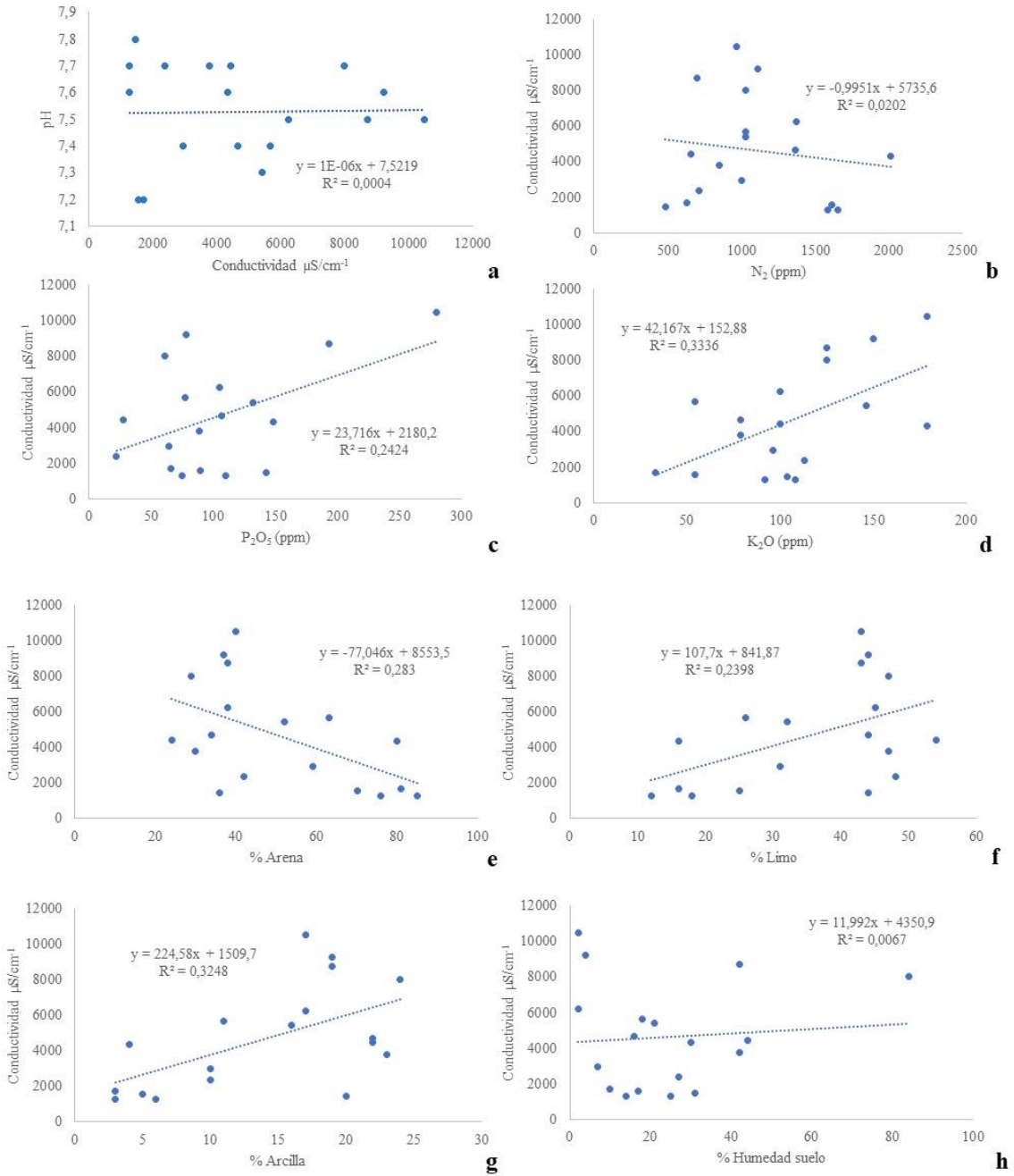


Figura 22. Valores de conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, en suelo en los tres lugares de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ en suelo, mostraron un valor de $p=0,2150$, los cuales poseen distribución normal y para los datos de pH un valor de $p=0,1340$, lo que indicó que también poseen distribución normal. La correlación de Pearson entre CE y pH con un valor de $r=-0,04$; $p=0,8898$ y de regresión con un valor de coeficiente de determinación de $R^2=0,0004$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de nitrógeno total en ppm (N total), con un valor de $p=0,3804$, indicó que distribuyen normal. La correlación de Pearson entre conductividad y N total con un valor de $r=-0,33$; $p=0,1835$ y de regresión con un valor de $R^2=0,0202$, indicó que hay una asociación negativa débil entre las variables. Para los valores de fósforo disponible (P_2O_5), con un valor de $p=0,1094$, indicó que distribuyen normal. La correlación de Pearson entre CE y P_2O_5 con un valor de $r=0,39$; $p=0,1105$ y de regresión un valor de coeficiente de determinación de $R^2=0,2424$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Los datos de potasio intercambiable (K_2O) mostraron un valor de $p=0,6420$, lo que indicó que distribuyen normal. La correlación de Pearson entre CE y K_2O con un valor de $r=0,38$; $p=0,1165$ y de regresión con un valor de $R^2=0,3336$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. El porcentaje de Arena del suelo mostró un valor de $p=0,0203$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La

correlación de Spearman entre CE y porcentaje de Arena en el suelo con un valor de $\rho = -0,55$; $p = 0,0190$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,283$, indicó que hay una asociación negativa entre las variables. El porcentaje de Limo en el suelo mostró un valor de $p = 0,0166$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre CE y porcentaje de Limo en el suelo con un valor de $\rho = 0,48$; $p = 0,0440$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,2398$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Los datos de porcentaje de Arcilla del suelo, con un valor de $p = 0,0207$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre CE y porcentaje de Arcilla del suelo con un valor de $\rho = 0,58$; $p = 0,0108$ y regresión con un valor de $R^2 = 0,3248$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p = 0,0452$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre CE y porcentaje de humedad del suelo con un valor de $\rho = -0,16$; $p = 0,5283$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0067$, indicó que hay una asociación negativa muy débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p = 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre CE y altura de los ejemplares de moreras con un valor de $\rho = -0,26$; $p = 0,3020$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,1355$, indicó que hay una asociación negativa muy débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p = 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal. La correlación de Pearson entre CE y DAP con un valor de $r = -0,36$; un $p = 0,1442$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,1886$, indicó que hay una asociación negativa débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p = 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal. La correlación de Pearson entre CE y superficie de copa de los ejemplares de moreras con un valor de $r = -0,19$; $p = 0,4526$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0448$, indicó que hay una asociación negativa muy débil entre las variables, (Figura 23 a-k).



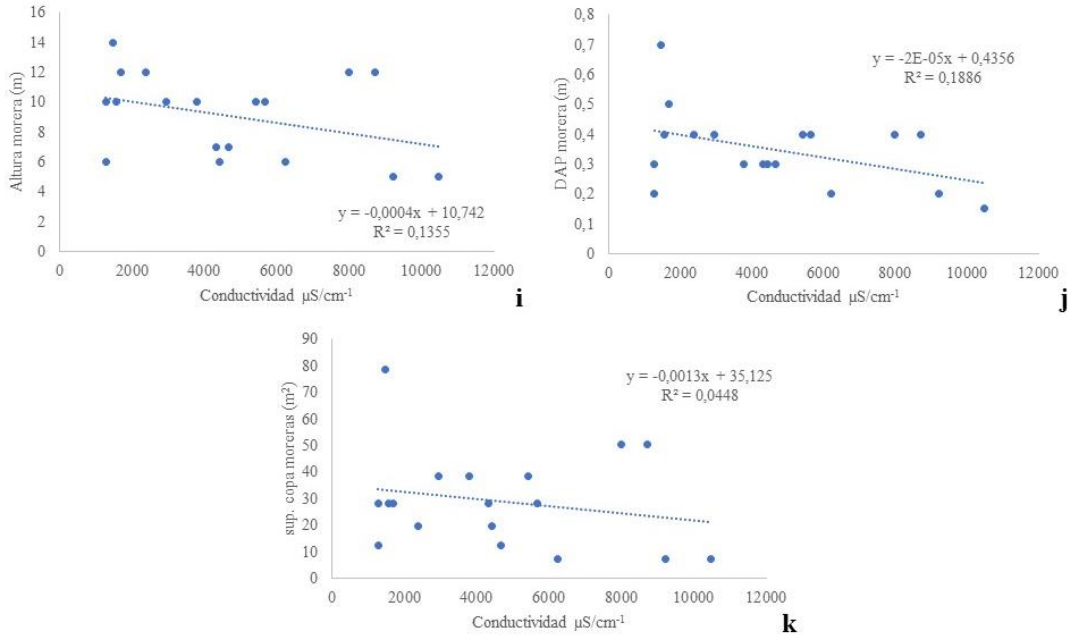


Figura 23 a-k. Análisis de correlación y regresión simple entre conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ en suelo y a) pH, b) N_2 (ppm), c) P_2O_5 (ppm), d) K_2O (ppm), e) % Arena, f) % Limo, g) % Arcilla, h) % Humedad suelo, i) Altura morera (m), j) DAP morera (m) y K) Superficie de copa de morera (m^2).

3.2.2 pH

En los suelos de E.V se obtuvo un valor promedio de pH $\bar{X}= 7,44$ y una desviación estándar $S= 0,21$ y en A.A un valor promedio de pH $\bar{X}= 7,61$ y una desviación estándar $S= 0,11$. La prueba de normalidad para los datos de pH de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,05583$, para los datos de pH de A.A indicó que también tienen distribución normal con un valor de $p= 0,1942$, la prueba de homogeneidad de la varianza entre los datos de E.V y A.A indicó que son homogéneas con un valor de $p= 0,07403$. La prueba *T-student* para pH entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que hay diferencias significativas en los valores promedios de pH con un valor de $p= 0,04684$, (Figura 24).

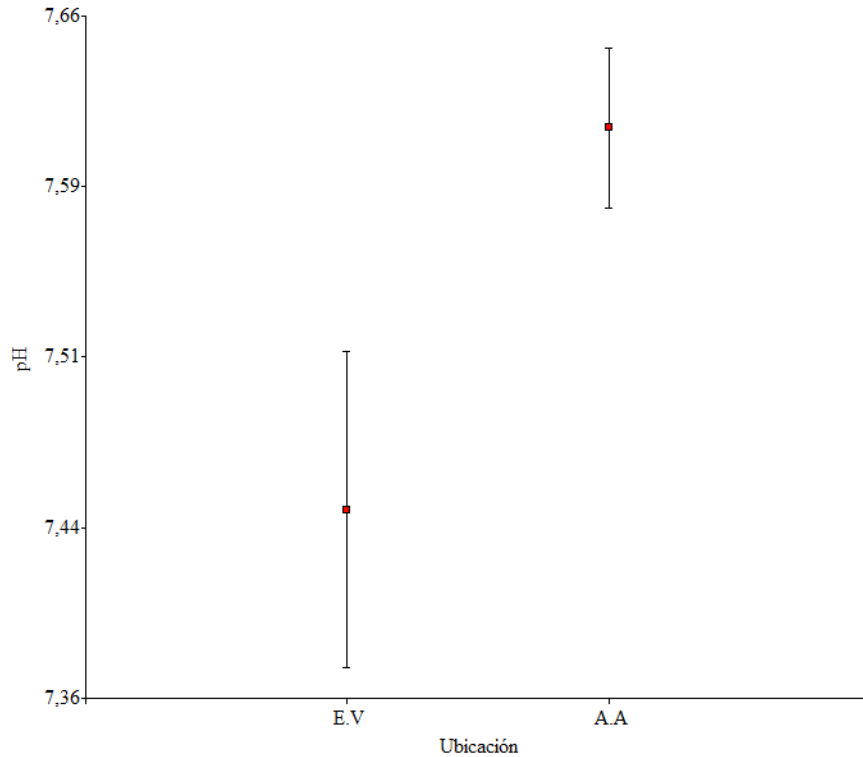


Figura 24. Valores de pH en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de pH entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,006991$, indicó que no distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 2,2e-16$, no cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA no paramétrico con prueba Kruskal Wallis con un valor de $p= 0,03999$ indicó que hay diferencia entre los valores de pH entre los tres sitios de E.V., (Figura 25).

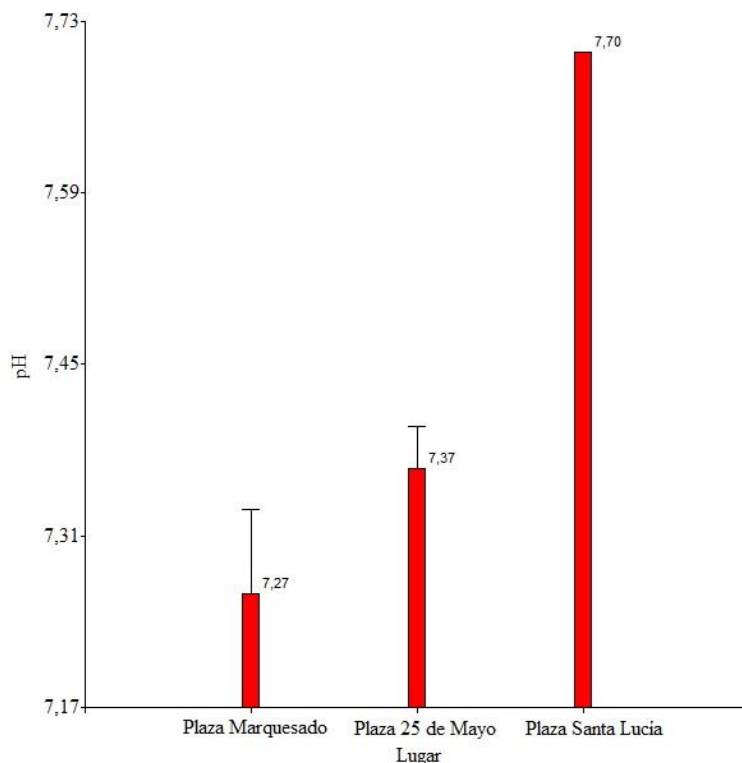


Figura 25. Valores de pH en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,4079$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,3314$, cumpliendo con este requisito. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,3075$ indicó que no hay diferencia entre los valores de pH entre los tres sitios de A.A., (Figura 26).

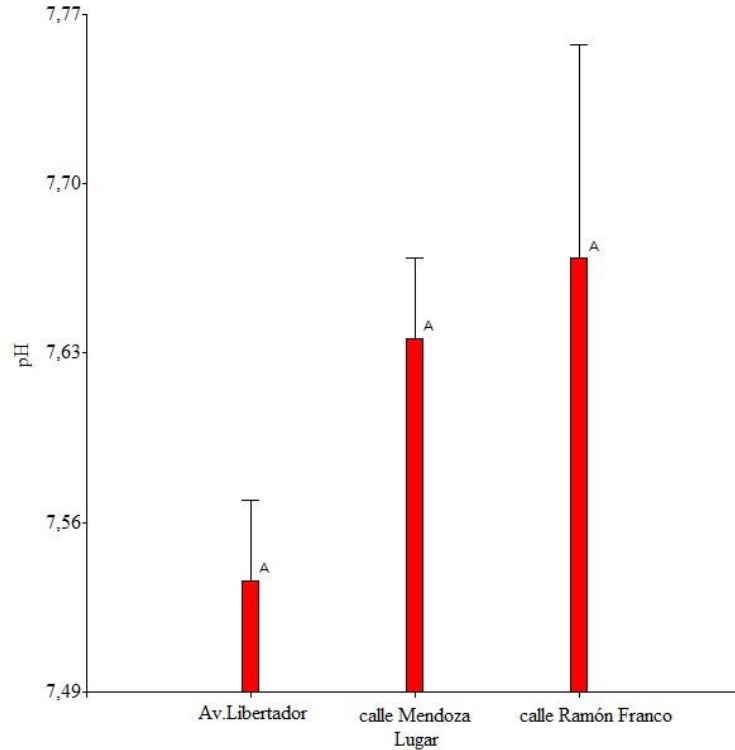


Figura 26. Valores de pH en suelo en los tres lugares de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de pH en suelo, mostraron un valor de $p=0,1340$, los cuales poseen distribución normal y para los datos de N total un valor de $p=0,3804$, lo que indicó que también poseen distribución normal. La correlación de Pearson entre pH y N total con un valor de $r=-0,14$; $p=0,5816$ y de regresión con un valor de coeficiente de determinación de $R^2=0,0194$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de fósforo intercambiable (P_2O_5), con un valor de $p=0,1094$, indicó que distribuyen normal. La correlación de Pearson entre pH y P_2O_5 mostró un valor de $r=-0,08$; $p=0,7542$ y de regresión con un valor de coeficiente de determinación de $R^2=0,0063$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Los datos de potasio intercambiable (K_2O) mostraron un valor de $p=0,6420$, lo que indicó que distribuyen normal. La correlación de Pearson entre pH y K_2O con un valor de $r=0,38$; $p=0,1211$ y de regresión con un valor de $R^2=0,1435$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. El porcentaje de Arena del suelo mostró un valor de $p=0,0203$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre pH y porcentaje de Arena en el suelo con un valor de $\rho=-0,45$; $p=0,0626$ y de regresión con un valor de $R^2=0,167$, indicó que hay una asociación negativa entre las

variables. El porcentaje de Limo en el suelo mostró un valor de $p=0,0166$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre pH y porcentaje de Limo en el suelo con un valor de $\rho=0,50$; $p=0,0355$ y de regresión con un valor de $R^2=0,1665$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Los datos de porcentaje de Arcilla del suelo, con un valor de $p=0,0207$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre pH y porcentaje de Arcillas en el suelo con un valor de $\rho=0,42$; $p=0,0857$ y regresión con un valor de $R^2=0,145$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p=0,0452$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre pH y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho=0,52$; $p=0,0254$ y de regresión con un valor de $R^2=0,219$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p=0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre pH y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho=0,10$; $p=0,6857$ y de regresión con un valor de $R^2=0,0003$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p=0,1320$, indicaron que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre pH y DAP con un valor de $r=-0,03$; $p=0,8924$ y de regresión con un valor de $R^2=0,0012$ lo que indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p=0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre pH y superficie de copa de moreras con un valor $r=0,22$; $p=0,3784$ y de regresión con un valor de $R^2=0,0488$ lo que indicó que hay una asociación positiva débil entre las variables, (Figura 27 a-j).

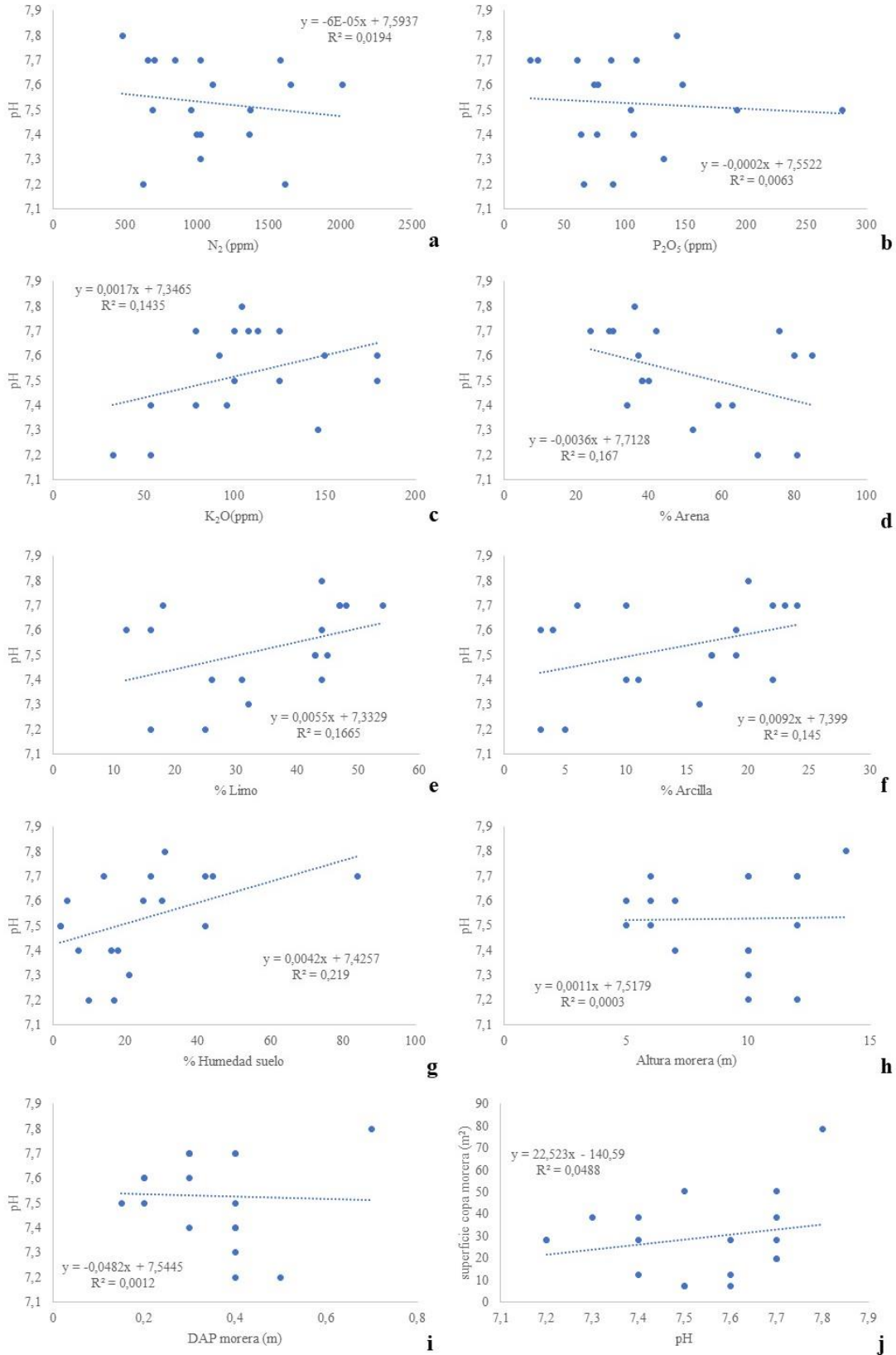


Figura 27 a-j. Análisis de correlación y regresión simple entre pH, a) N₂ (ppm), b) P₂O₅ (ppm), c) K₂O (ppm), d) % Arena, e) % Limo, f) % Arcilla, g) % Humedad suelo, h) Altura morera (m), i) DAP morera (m) y j) Superficie de copa de morera (m²).

3.2.3 Nitrógeno total (ppm)

En los suelos de E.V se obtuvo un valor promedio de Nitrógeno total $\bar{X}= 1028$ (ppm) y una desviación estándar $S= 305,94$ (ppm), y en A.A un valor promedio de Nitrógeno total $\bar{X}= 1171$ (ppm) y una desviación estándar $S= 519,47$ (ppm). La prueba de normalidad para los datos de Nitrógeno total (ppm) de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,3748$, para los datos de N total (ppm) de A.A indicó que también tienen distribución normal con un valor de $p= 0,7695$. La prueba de homogeneidad de la varianza entre los datos de E.V y A.A indicó que son homogéneas con un valor de $p= 0,1554$. La prueba *T-student* para N total (ppm) entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de N total con un valor de $p= 0,4886$, (Figura 28).

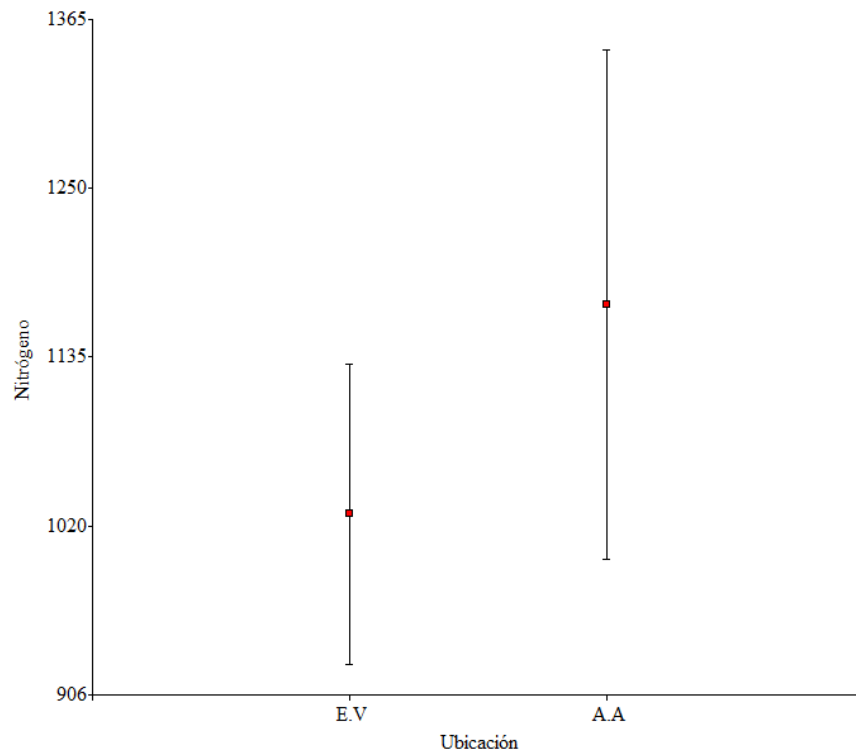


Figura 28. Valores de Nitrógeno total en ppm en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de N total (ppm) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía, con un valor de $p= 0,6516$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,2835$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,5667$ indicó

que no hay diferencia entre los valores de N total (ppm) entre los tres sitios de E.V., (Figura 29).

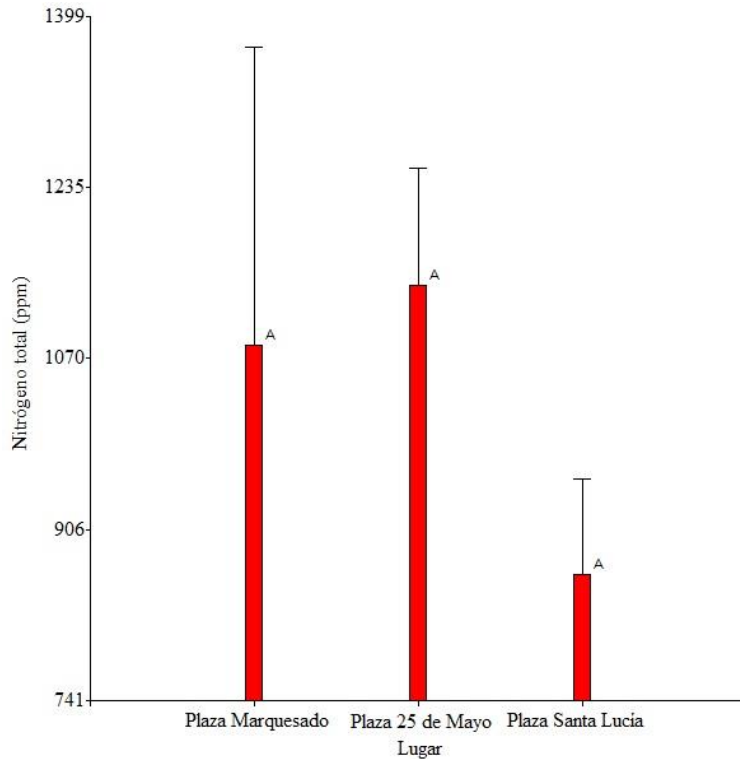


Figura 29. Valores de Nitrógeno Total en ppm en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de N total (ppm) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p=0,3424$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,6773$, cumpliendo con este requisito. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p=0,001023$ indicó que hay diferencia entre los valores de N total (ppm) entre los tres sitios de A.A., (Figura 30).

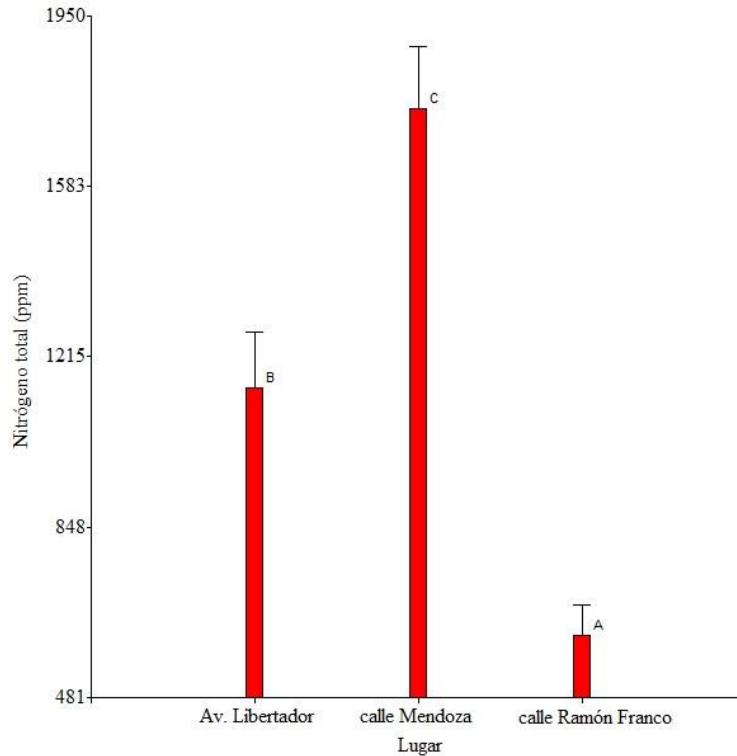


Figura 30. Valores de Nitrógeno total en ppm en suelo en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de N total (ppm) en suelo, mostraron un valor de $p=0,3804$, los cuales poseen distribución normal y para el porcentaje de Arena del suelo mostró un valor de $p=0,0203$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre N total (ppm) y porcentaje de Arena en el suelo con un valor de $\rho=0,44$; $p=0,0676$ y de regresión con un valor de $R^2=0,3163$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables. El porcentaje de Limo en el suelo mostró un valor de $p=0,0166$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre N total (ppm) y porcentaje de Limo en el suelo con un valor de $\rho=-0,47$; $p=0,0480$ y de regresión con un valor de $R^2=0,3358$, indicó que hay una asociación negativa entre las variables. Los datos de porcentaje de Arcilla del suelo, con un valor de $p=0,0207$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre N total (ppm) y porcentaje de Arcillas en el suelo con un valor de $\rho=-0,39$; $p=0,1073$ y regresión con un valor de $R^2=0,242$, indicó que hay una asociación negativa entre las variables. Los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p=0,0452$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre N total (ppm) y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho=-0,29$; $p=0,2441$ y de regresión con un valor

de $R^2 = 0,0419$, indicó que hay una asociación negativa débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p = 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre N total (ppm) y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho = -0,50$; $p = 0,0352$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,2297$, indicó que hay una asociación negativa entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p = 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre N total (ppm) y DAP con un valor de $r = -0,50$; $p = 0,0333$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,2532$ lo que indicó que hay una asociación negativa entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p = 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre N total (ppm) y superficie de copa de moreras con un valor $r = -0,41$; $p = 0,0871$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,1719$ lo que indicó que hay una asociación negativa entre las variables, (Figura 31 a-g).

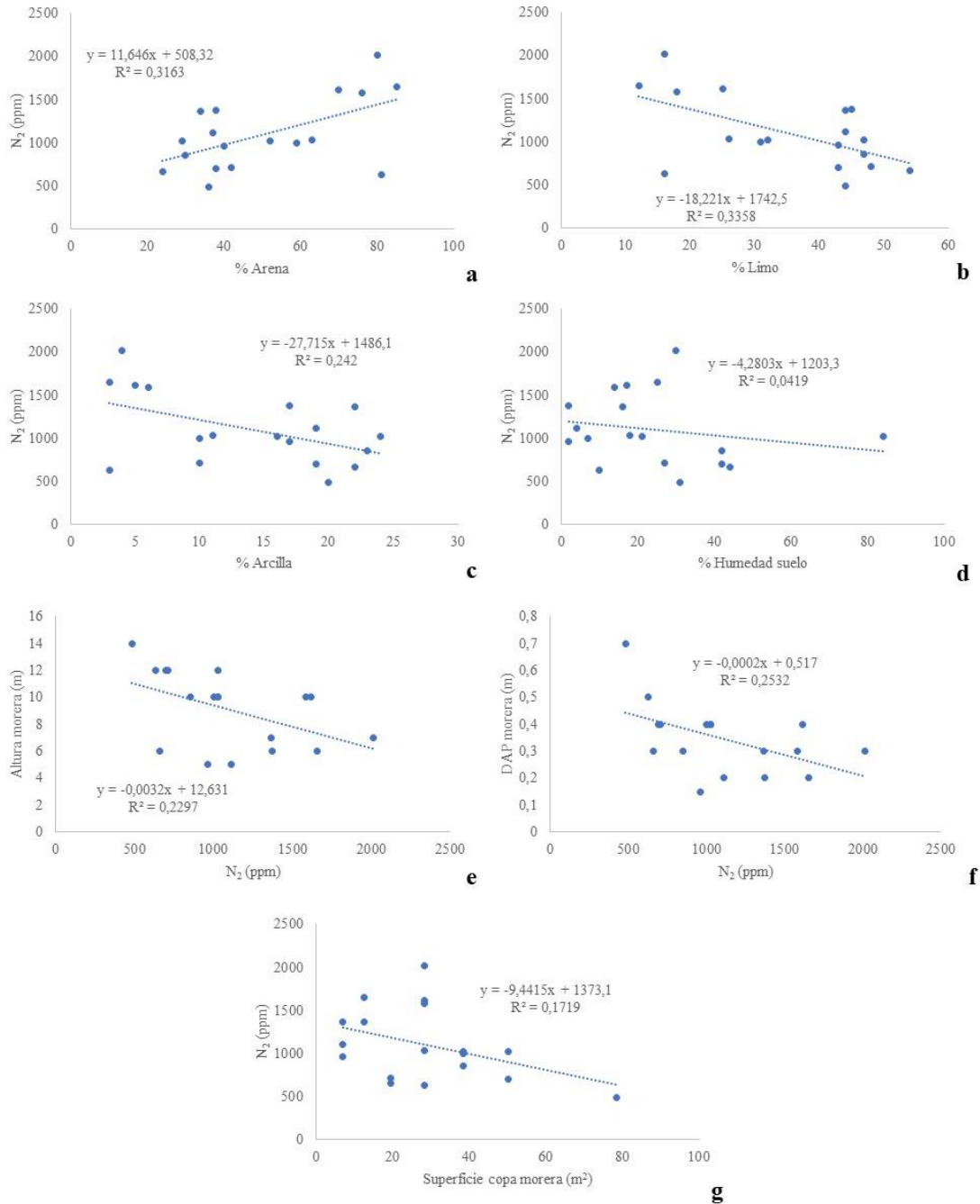


Figura 31 a-g. Análisis de correlación y regresión simple entre Nitrógeno total en ppm en suelo y a) % Arena, b) % Limo, c) % Arcilla, d) % Humedad suelo, e) Altura morera (m), f) DAP morera (m) y g) Superficie de copa de morera (m^2).

3.2.4 Fósforo Intercambiable (ppm)

En suelos de E.V se obtuvo un valor promedio de fósforo intercambiable $\bar{X}= 79$ (ppm) y una desviación estándar $S= 31,19$ (ppm), y en A.A un valor promedio $\bar{X}= 129$ (ppm) y una desviación estándar $S= 74,25$ (ppm). La prueba de normalidad para los datos de fósforo intercambiable (P_2O_5) de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,916$, para los datos de fósforo intercambiable de A.A indicó que también tienen distribución normal con un valor de $p= 0,6284$, la prueba de homogeneidad de la varianza entre los datos de E.V y A.A indicó que no son homogéneas con un valor de $p= 0,02421$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para fósforo intercambiable entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de fósforo intercambiable con un valor de $p= 0,07739$, (Figura 32).

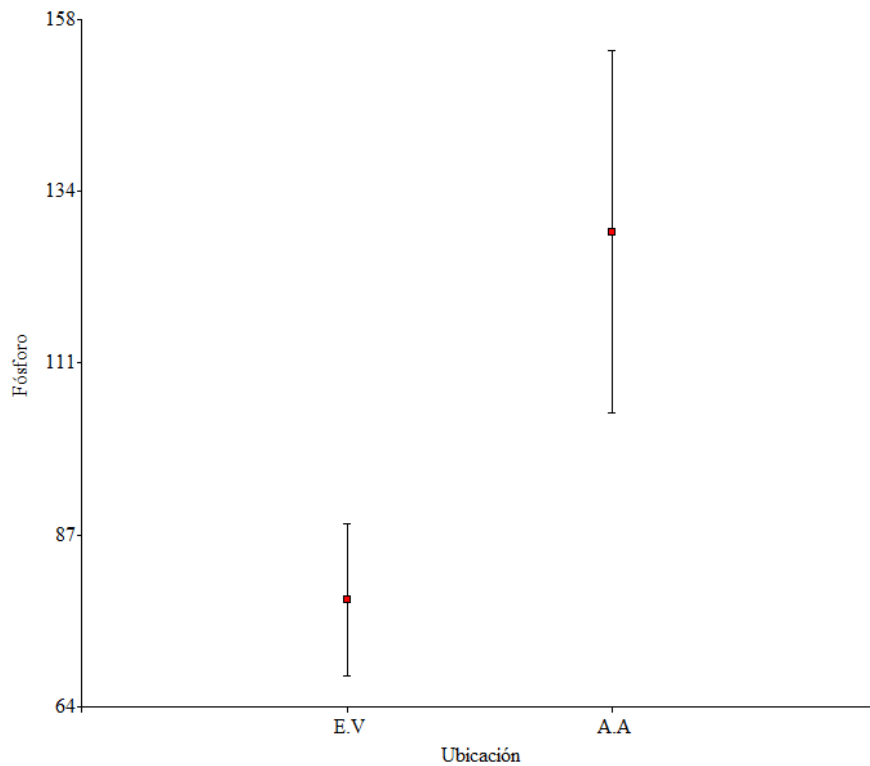


Figura 32. Valores de Fósforo intercambiable (P_2O_5) en ppm en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de fósforo intercambiable en ppm (P_2O_5) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,7909$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para

homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,5894$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,1571$ indicó que no hay diferencia entre los valores de P_2O_5 (ppm) entre los tres sitios de E.V., (Figura 33).

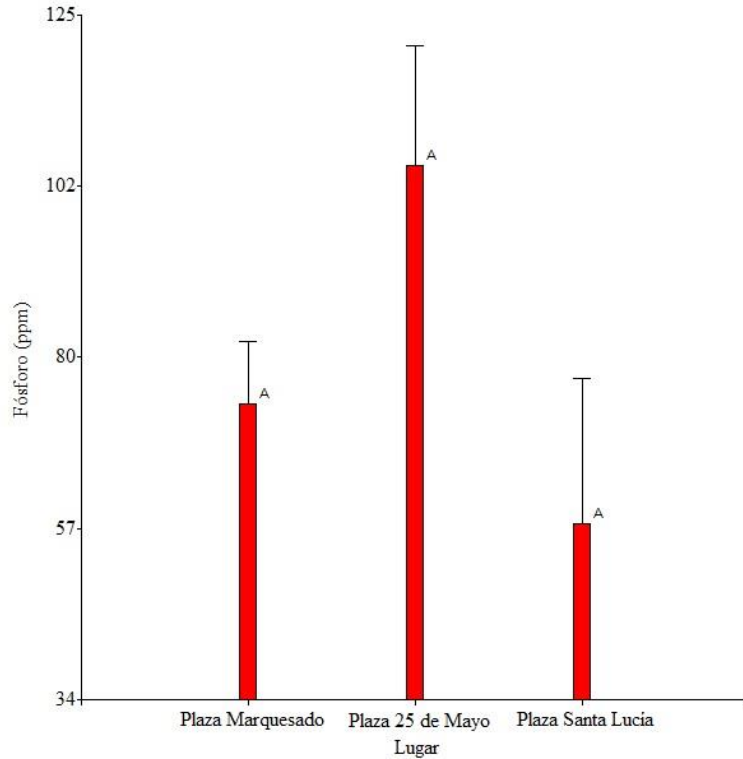


Figura 33. Valores de Fósforo intercambiable (P_2O_5) en ppm en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de P_2O_5 (ppm) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,8943$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,4322$, cumpliendo con este requisito. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,8052$ indicó que no hay diferencia entre los valores de P_2O_5 (ppm) entre los tres sitios de A.A., (Figura 34).

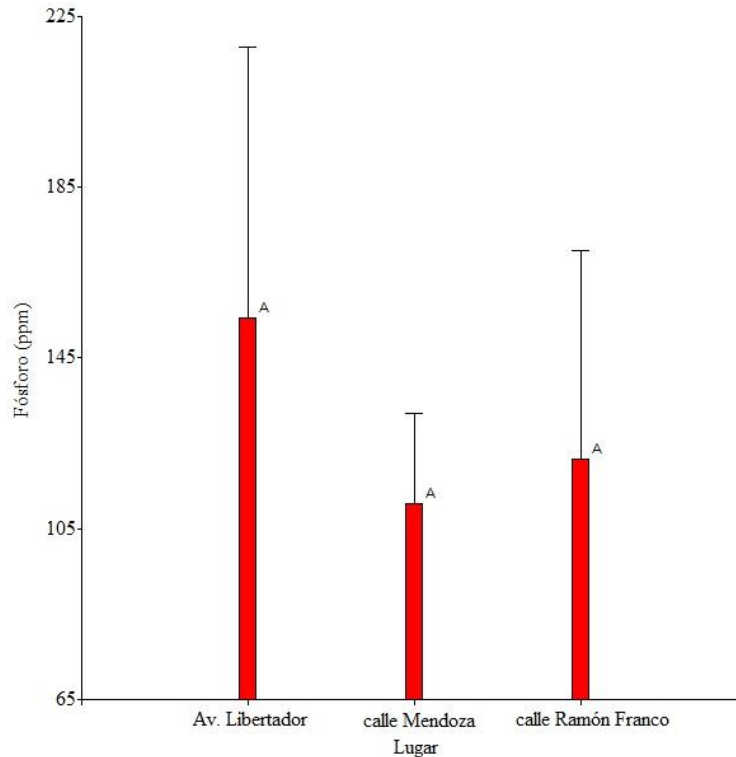


Figura 34. Valores de Fósforo intercambiable (P_2O_5) en ppm en suelo en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de P_2O_5 (ppm) en suelo, mostraron un valor de $p=0,1094$, los cuales poseen distribución normal y para el porcentaje de Arena del suelo mostró un valor de $p=0,0203$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre P_2O_5 (ppm) y porcentaje de Arena en el suelo con un valor de $\rho=0,08$; $p=0,7414$ y de regresión con un valor de $R^2=0,0019$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. El porcentaje de Limo en el suelo mostró un valor de $p=0,0166$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre P_2O_5 (ppm) y porcentaje de Limo en el suelo con un valor de $\rho=-0,28$; $p=0,2556$ y de regresión con un valor de $R^2=0,000002$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Los datos de porcentaje de Arcilla del suelo, con un valor de $p=0,0207$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre P_2O_5 (ppm) y porcentaje de Arcillas en el suelo con un valor de $\rho=0,02$; $p=0,9318$ y regresión con un valor de $R^2=0,0145$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p=0,0452$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre P_2O_5 (ppm) y porcentaje de humedad en el suelo mostró un

valor de $\rho = -0,17$; $p = 0,4910$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0483$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p = 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre P_2O_5 (ppm) y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho = -0,16$; $p = 0,5213$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0262$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p = 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre P_2O_5 (ppm) y DAP con un valor de $r = -0,16$; $p = 0,5195$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0264$ lo que indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p = 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre P_2O_5 (ppm) y superficie de copa de moreras con un valor $r = 0,07$; $p = 0,7935$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0044$ lo que indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables, (Figura 35 a-g).

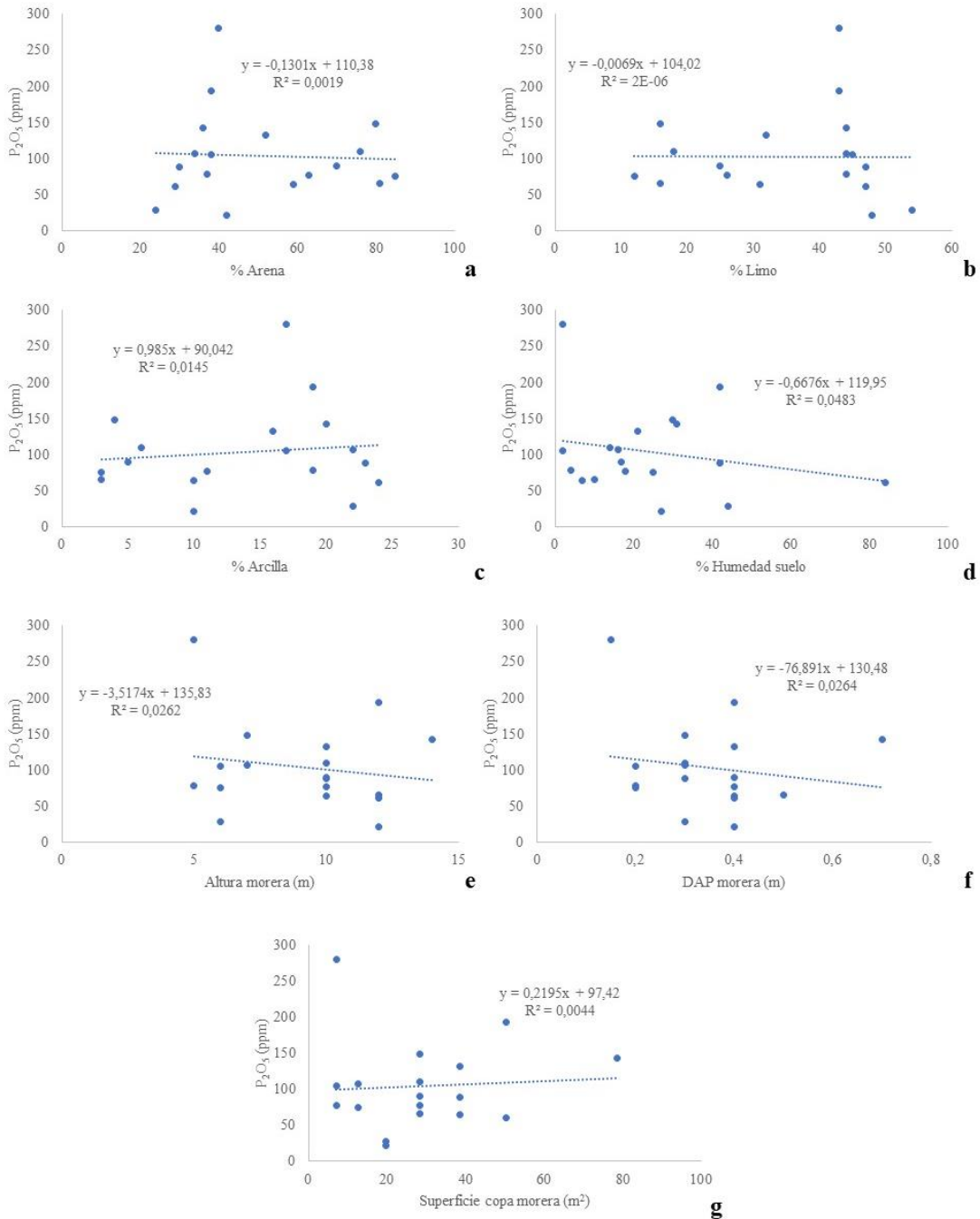


Figura 35 a-g. Análisis de correlación y regresión simple entre Fósforo intercambiable (P_2O_5) en ppm en suelo y a) % Arena, b) % Limo, c) % Arcilla, d) % Humedad suelo, e) Altura morera (m), f) DAP morera (m) y g) Superficie de copa de morera (m^2).

3.2.5 Potasio Intercambiable (ppm)

En suelos de E.V se obtuvo un valor promedio de potasio intercambiable $\bar{X}= 87$ (ppm) y una desviación estándar $S= 36,92$ (ppm), y en A.A un valor promedio $\bar{X}= 126$ (ppm) y una desviación estándar $S= 34,48$ (ppm). La prueba de normalidad para los datos de potasio intercambiable (K_2O) de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,8973$, para los datos de potasio intercambiable de A.A indicó que no tienen distribución normal con un valor de $p= 0,04242$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para potasio intercambiable entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que hay diferencias significativas en los valores promedios de potasio intercambiable entre E.V y A.A con un valor de $p= 0,04638$, (Figura 36).

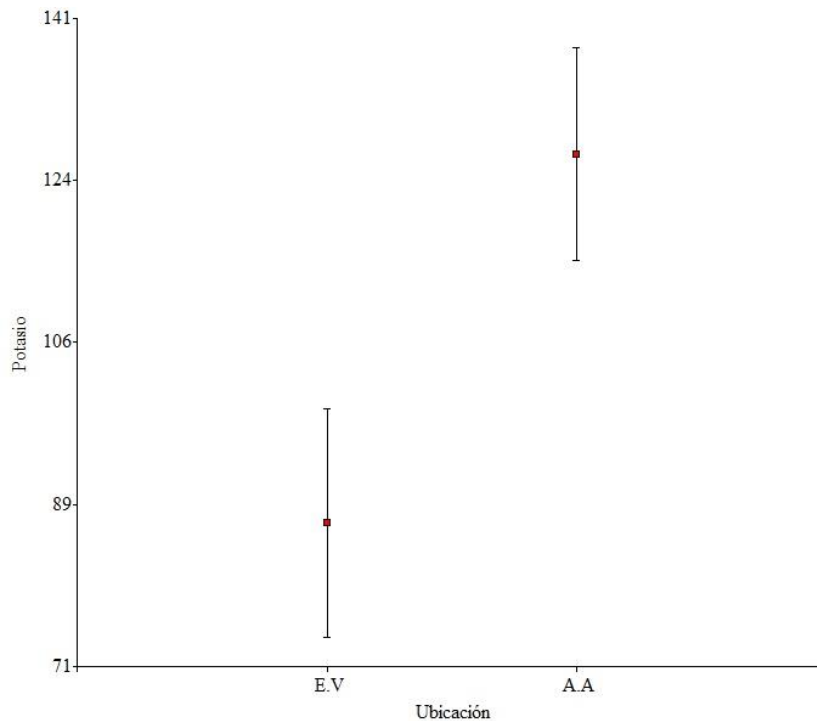


Figura 36. Valores de Potasio intercambiable (K_2O) en ppm en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de potasio intercambiable en ppm (K_2O) entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,709$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,6779$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de

$p=0,3554$ indicó que no hay diferencia entre los valores de K_2O (ppm) entre los tres sitios de E.V., (Figura 37).

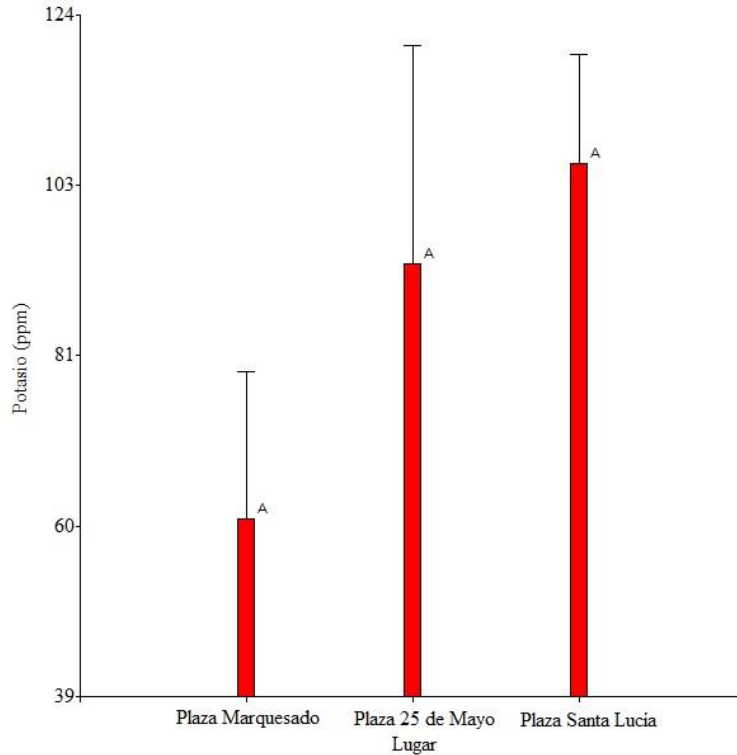


Figura 37. Valores de Potasio intercambiable (K_2O) en ppm en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de K_2O (ppm) entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p=0,9727$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,3493$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianza. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p=0,561$ indicó que no hay diferencia entre los valores de K_2O (ppm) entre los tres sitios de A.A., (Figura 38).

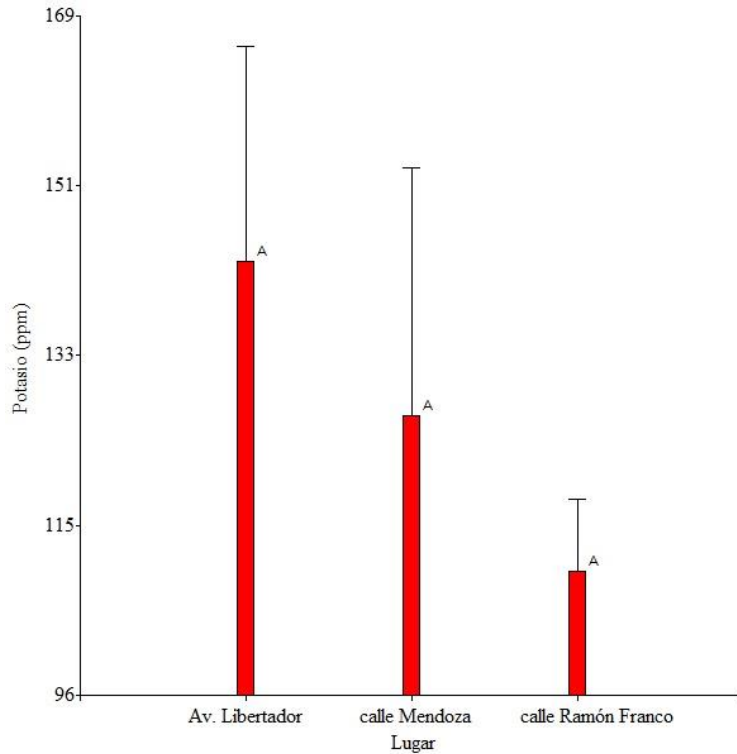


Figura 38. Valores de Potasio intercambiable (K_2O) en ppm en suelo en los tres lugares A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de K_2O (ppm) en suelo, mostraron un valor de $p= 0,6420$, los cuales poseen distribución normal y para el porcentaje de Arena del suelo mostró un valor de $p= 0,0203$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre K_2O (ppm) y porcentaje de Arena en el suelo con un valor de $\rho= -0,17$; $p= 0,4980$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0467$, indicó que hay una asociación negativa muy débil entre las variables. El porcentaje de Limo en el suelo mostró un valor de $p= 0,0166$, lo que indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre K_2O (ppm) y porcentaje de Limo en el suelo con un valor de $\rho= 0,17$; $p= 0,49$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0426$, indicó que hay una asociación positiva muy débil entre las variables. Los datos de porcentaje de Arcilla del suelo, con un valor de $p= 0,0207$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre K_2O (ppm) y porcentaje de Arcillas en el suelo con un valor de $\rho= 0,18$; $p= 0,4852$ y regresión con un valor de $R^2= 0,0477$, indicó que hay una asociación positiva muy débil entre las variables. Los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p= 0,0452$, indicaron que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre K_2O (ppm) y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho= 0,06$; $p= 0,8097$ y de regresión con un valor de

$R^2= 0,0042$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p= 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre K_2O (ppm) y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho= -0,20$; $p= 0,4316$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,124$, indicó que hay una asociación negativa muy débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p= 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre K_2O (ppm) y DAP con un valor de $r= -0,36$; $p= 0,1384$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,1319$ lo que indicó que hay una asociación negativa débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p= 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal, se realizó correlación de Pearson entre K_2O (ppm) y superficie de copa de moreras con un valor $r= -0,08$; $p= 0,7648$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0058$ lo que indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables, (Figura 39 a-g).

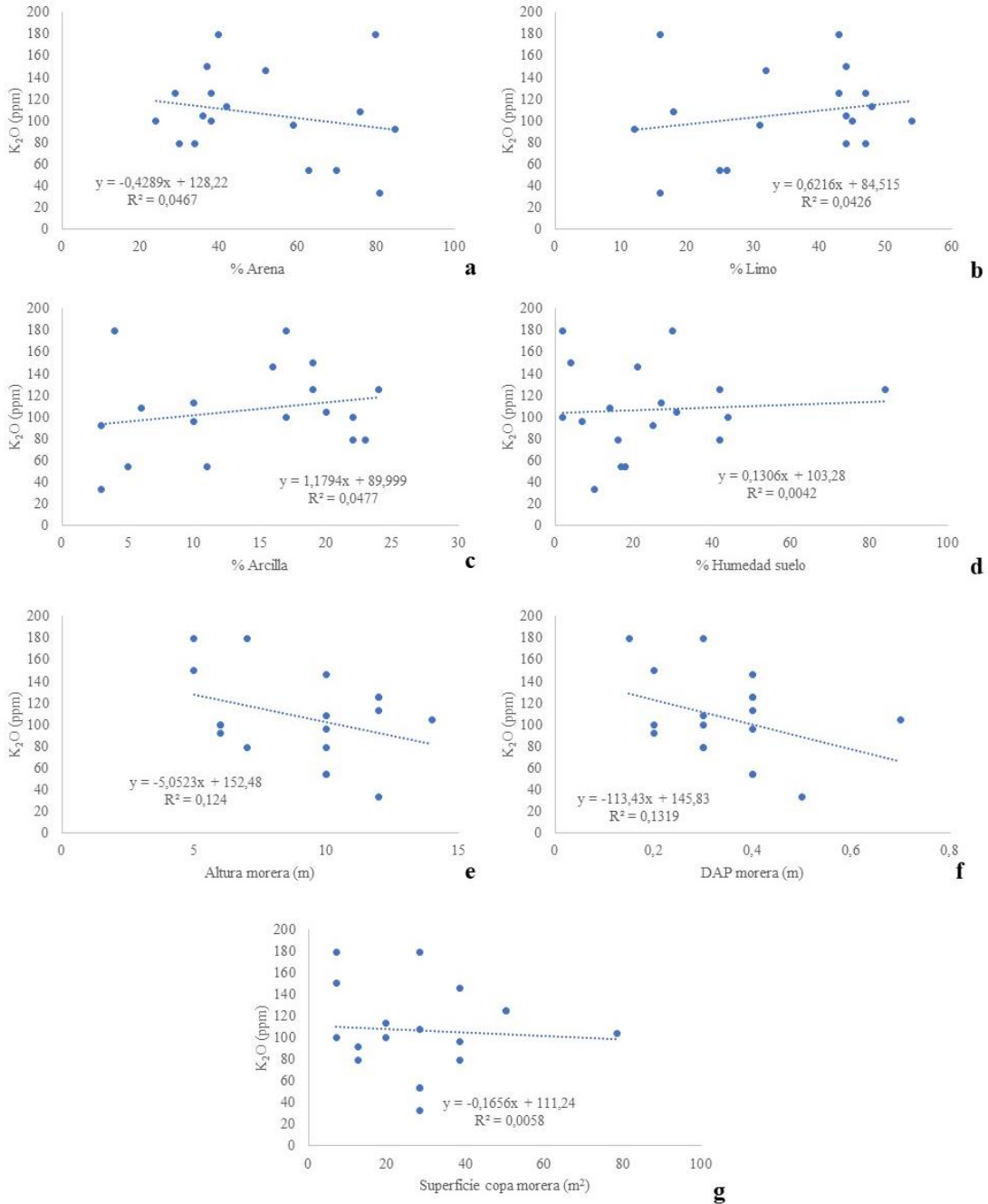


Figura 39 a-g. Análisis de correlación y regresión simple entre Potasio intercambiable (K₂O) en suelo y a) % Arena, b) % Limo, c) % Arcilla, d) % Humedad suelo, e) Altura morera (m), f) DAP morera (m) y g) Superficie de copa de morera (m²).

3.2.6 Porcentaje de Arena

En suelos de E.V se obtuvo un porcentaje promedio de arena $\bar{x} = 51,11$ % y una desviación estándar $S = 18,59$ %, y en A.A un porcentaje promedio $\bar{x} = 50,44$ % y una desviación estándar $S = 22,99$ %. La prueba de normalidad para los datos de porcentajes de arena de E.V indicó

que distribuyen normal con un valor de $p= 0,5684$, para los datos de porcentaje de arena de A.A indicó que no tienen distribución normal con un valor de $p= 0,01949$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para porcentajes de arena entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de porcentajes de arena con un valor de $p= 1$, (Figura 40).

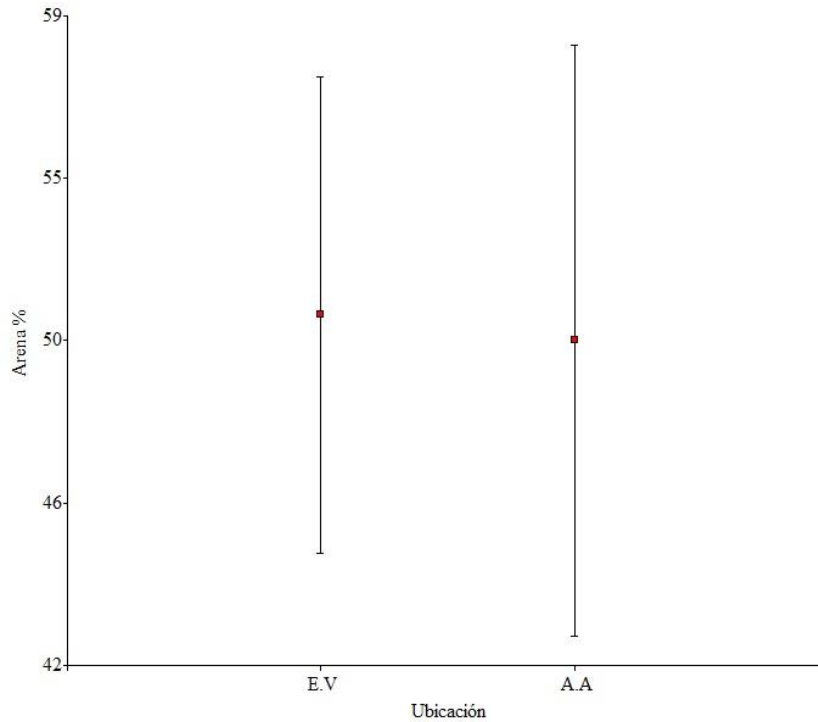


Figura 40. Porcentajes de Arena en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de porcentajes de arena entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,8483$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,6943$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,02205$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de arena entre los tres sitios de E.V., (Figura 41).

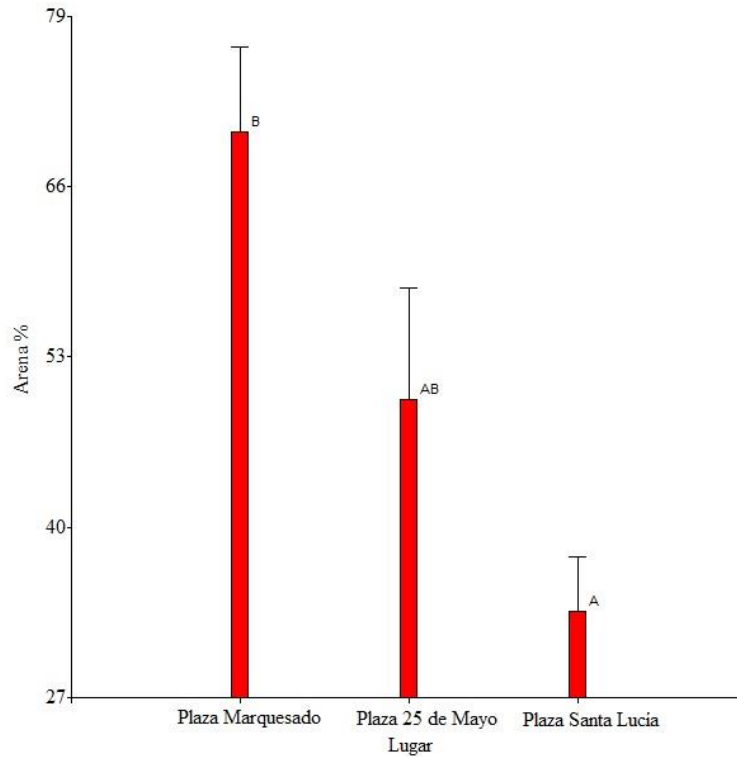


Figura 41. Porcentajes de Arena en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de porcentajes de arena entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,5999$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,2042$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 5,419e-05$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de arena entre los tres sitios de A.A., (Figura 42).

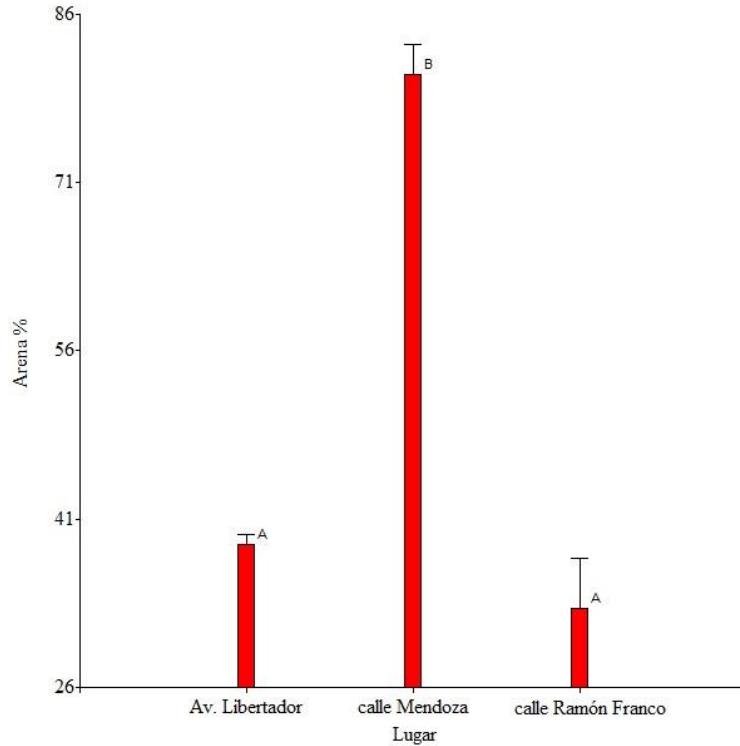


Figura 42. Porcentajes de Arena en suelo en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de porcentajes de arena en suelo, mostraron un valor de $p= 0,0203$, los cuales no poseen distribución normal y para los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p= 0,0452$, indicaron que tampoco poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arena y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho= -0,37$; $p= 0,1284$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,1268$, indicó que hay una asociación negativa débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p= 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arena y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho= 0,01$; $p= 0,9750$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0005$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p= 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arena y DAP con un valor de $\rho= 0,07$; $p= 0,7693$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0003$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p= 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal. La correlación

de Spearman entre porcentajes de arena y superficie de copa de moreras con un valor rho= -0,10; p= 0,6893 y de regresión con un valor de $R^2= 0,0003$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables, (Figura 43 a-d).

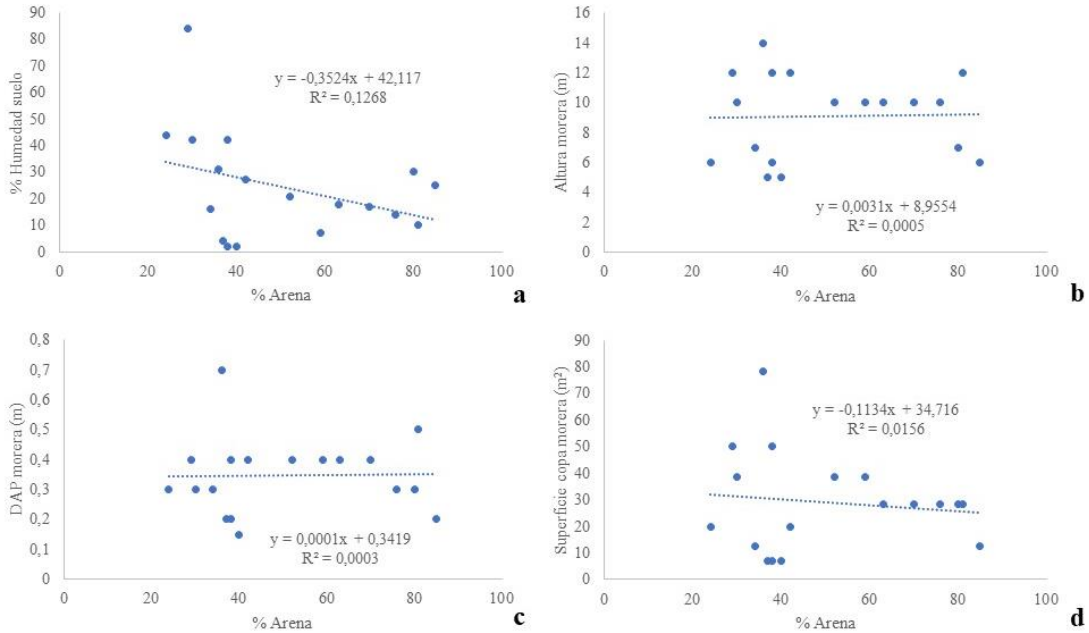


Figura 43 a-d. Análisis de correlación y regresión simple entre Porcentaje de Arena en suelo y a) % Humedad suelo, b) Altura morera (m), c) DAP morera (m) y d) Superficie de copa de morera (m²).

3.2.7 Porcentajes de Limo

En suelos de E.V se obtuvo un porcentaje promedio de limo $\bar{X}= 35,11\%$ y una desviación estándar $S= 11,75\%$, y en A.A un porcentaje promedio $\bar{X}= 35,44\%$ y una desviación estándar $S= 15,53\%$. La prueba de normalidad para los datos de porcentajes de limo de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,2025$, para los datos de porcentaje de limo de A.A indicó que no tienen distribución normal con un valor de $p= 0,02272$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para porcentajes de limo entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de porcentajes de limo con un valor de $p= 0,8247$, (Figura 44).

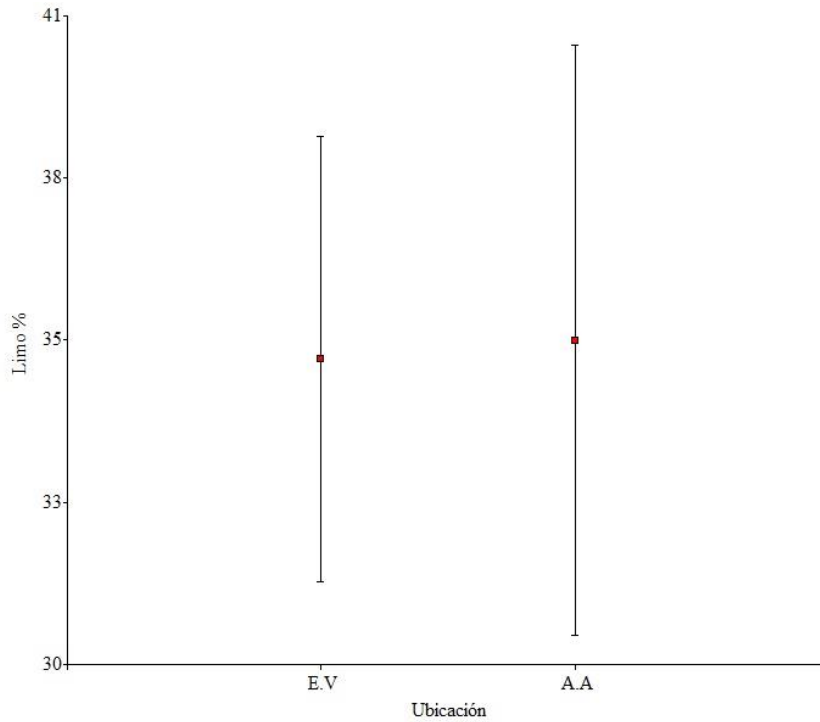


Figura 44. Porcentajes de Limo en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de porcentajes de limo entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p=0,4151$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,03265$, no cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA con prueba no paramétrica Kruskal Wallis con un valor de $p=0,03794$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de limo entre los tres sitios de E.V., (Figura 45).

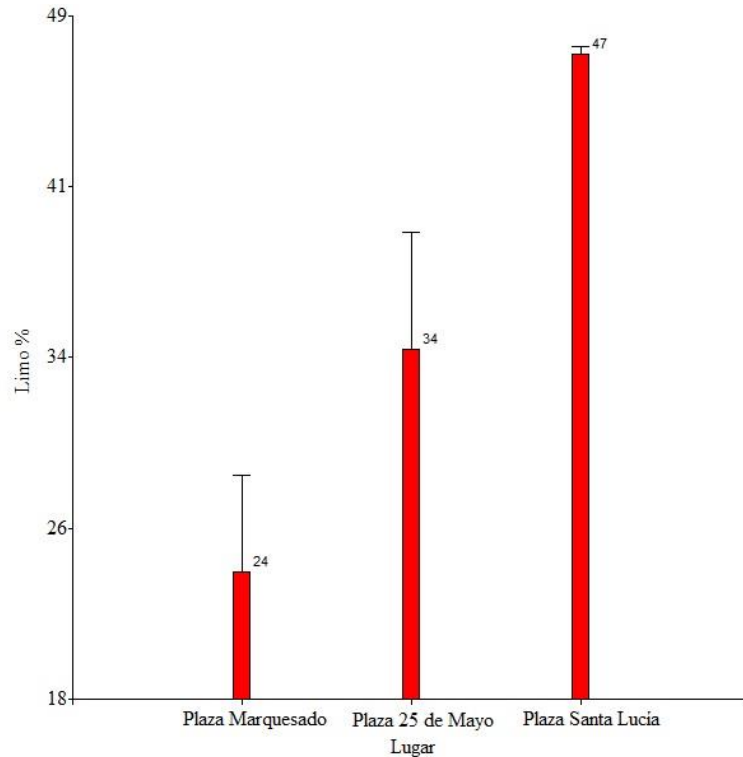


Figura 45. Porcentajes de Limo en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de porcentajes de limo entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,4613$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,1368$, cumpliendo con el supuesto de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,0001183$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de limo entre los tres sitios de A.A., (Figura 46).

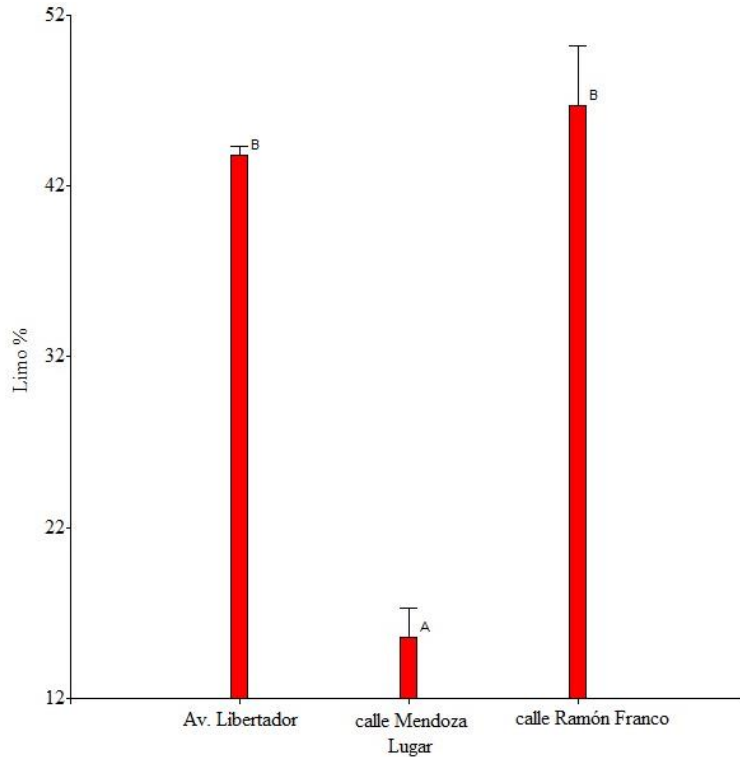


Figura 46. Porcentajes de Limo en suelo en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de porcentajes de limo en suelo, mostraron un valor de $p= 0,0166$, los cuales no poseen distribución normal y para los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p= 0,0452$, indicaron que tampoco poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de limo y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho= 0,33$; $p= 0,1867$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,096$, indicó que hay una asociación positiva muy débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p= 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de limo y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho= 0,04$; $p= 0,8834$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0003$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p= 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de limo y DAP con un valor de $\rho= -0,06$; $p= 0,8147$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0003$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p= 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal. La correlación

de Spearman entre porcentajes de limo y superficie de copa de moreras con un valor $\rho = -0,03$; $p = 0,9207$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0055$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables, (Figura 47 a-d).

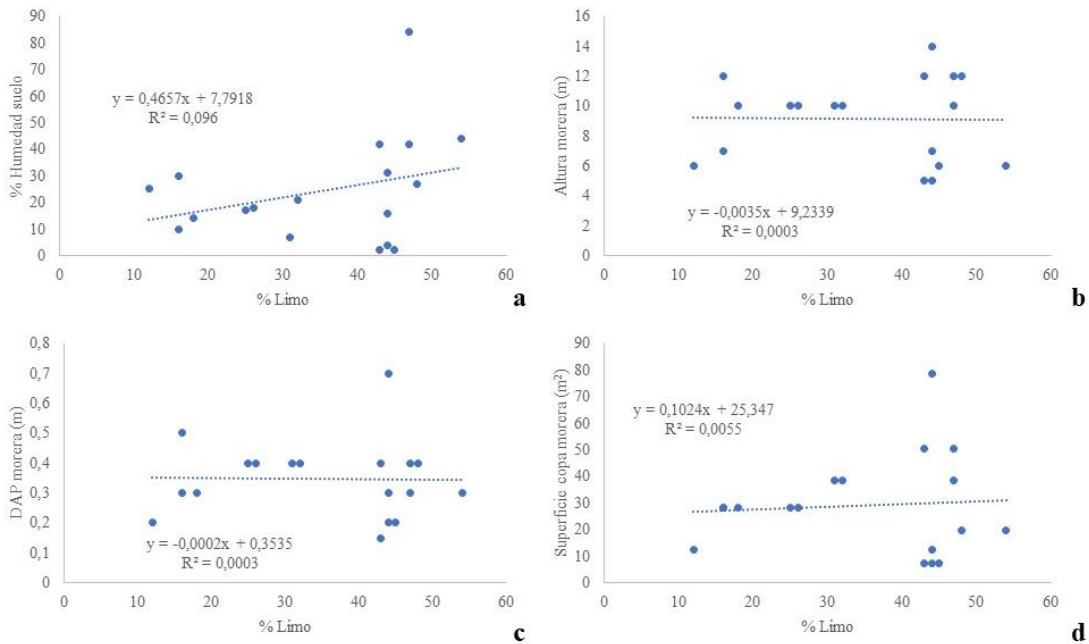


Figura 47 a-d. Análisis de correlación y regresión simple entre Porcentaje de Limo en suelo y a) % Humedad suelo, b) Altura morera (m), c) DAP morera (m) y d) Superficie de copa de morera (m²).

3.2.8 Porcentajes de Arcilla

En suelos de E.V se obtuvo un porcentaje promedio de arcilla $\bar{X} = 13,78$ % y una desviación estándar $S = 7,84$ %, y en A.A un porcentaje promedio $\bar{X} = 14,11$ % y una desviación estándar $S = 7,52$ %. La prueba de normalidad para los datos de porcentajes de arcilla de E.V indicó que distribuyen normal con un valor de $p = 0,3146$, para los datos de porcentaje de arcilla de A.A indicó que no tienen distribución normal con un valor de $p = 0,02576$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para porcentajes de arcilla entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de porcentajes de arcilla con un valor de $p = 1$, (Figura 48).

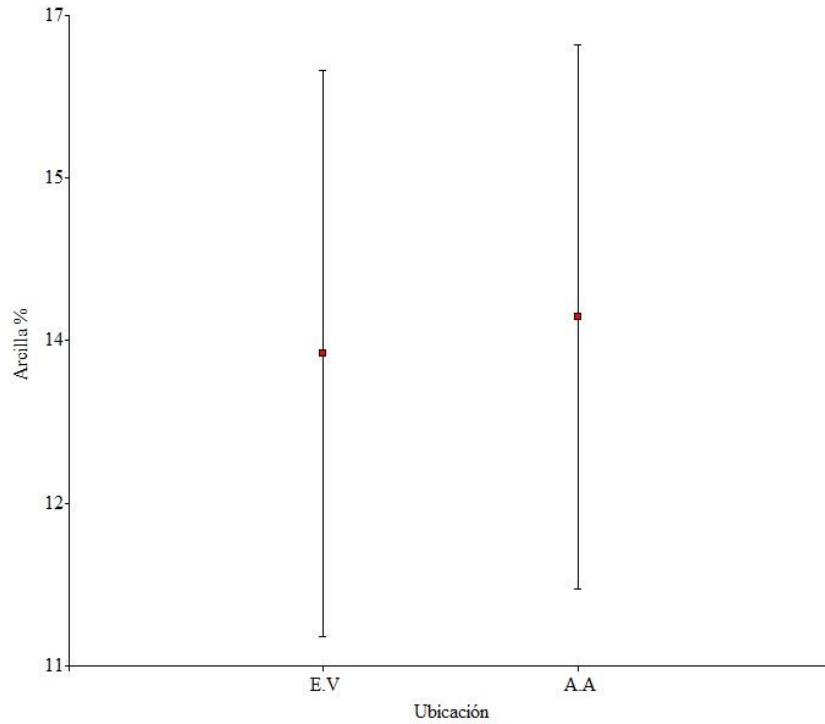


Figura 48. Porcentajes de Arcilla en suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

Previo al análisis ANOVA, la prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de porcentajes de arcilla entre los tres sitios de E.V, plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p= 0,3834$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,633$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,0765$ indicó que no hay diferencia entre los valores de porcentajes de arcilla entre los tres sitios de E.V., (Figura 49).

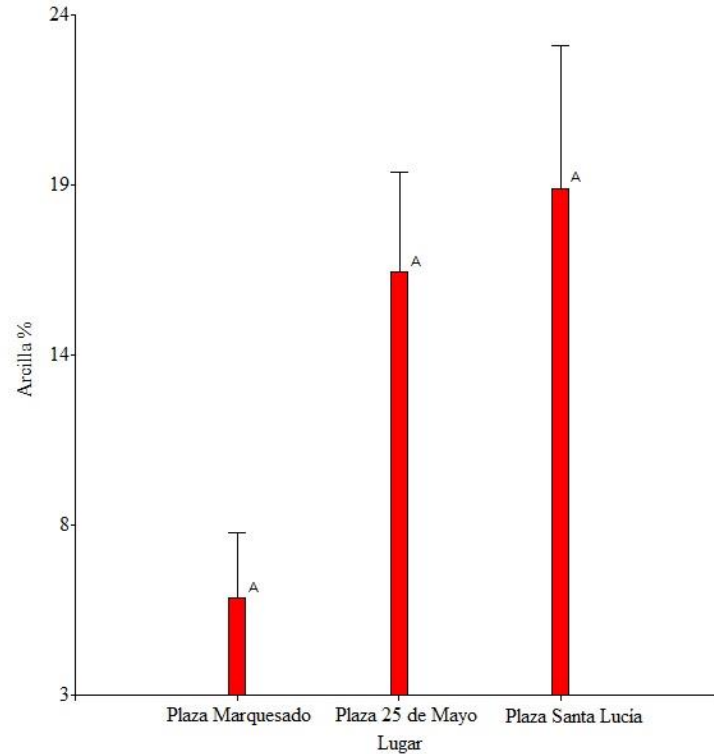


Figura 49. Porcentajes de Arcilla en suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de porcentajes de arcilla entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p=0,05179$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,9236$, cumpliendo con este supuesto. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p=0,00000186$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de arcilla entre los tres sitios de A.A., (Figura 50).

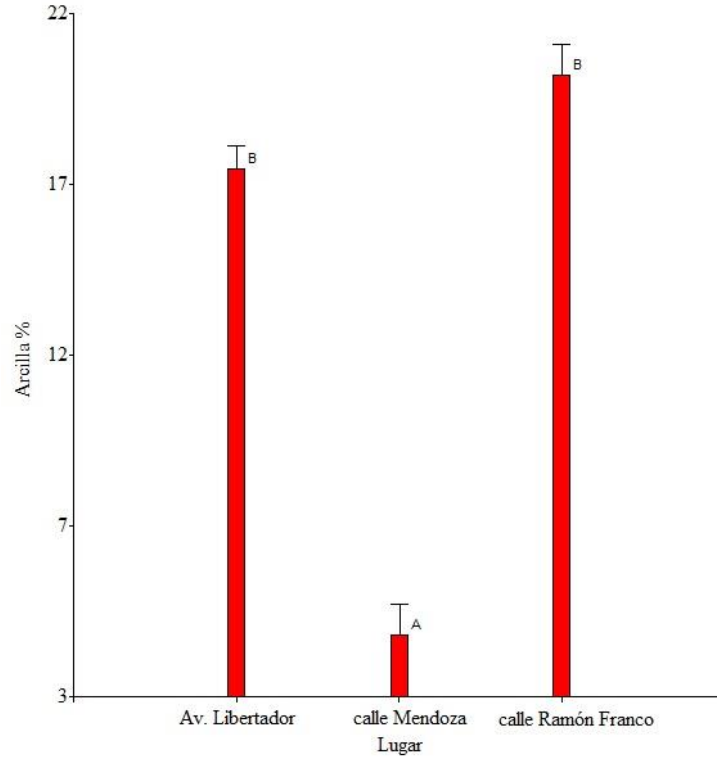


Figura 50. Porcentajes de Arcilla en suelo en los tres lugares de A.A. Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de porcentajes de arcilla en suelo, mostraron un valor de $p= 0,0207$, los cuales no poseen distribución normal y para los porcentajes de Humedad en suelo con un valor de $p= 0,0452$, indicaron que tampoco poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arcilla y porcentaje de humedad en el suelo mostró un valor de $\rho= 0,38$; $p= 0,1170$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,171$, indicó que hay una asociación positiva débil entre las variables. Para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p= 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arcilla y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho= 0,02$; $p= 0,9416$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0009$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p= 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de arcilla y DAP con un valor de $\rho= -0,07$; $p= 0,7819$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0002$, indicó que hay una asociación negativa extremadamente débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p= 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal. La correlación

de Spearman entre porcentajes de arcilla y superficie de copa de moreras con un valor $\rho = 0,18$; $p = 0,4661$ y de regresión con un valor de $R^2 = 0,0426$, indicó que hay una asociación positiva extremadamente débil entre las variables, (Figura 51 a-d).

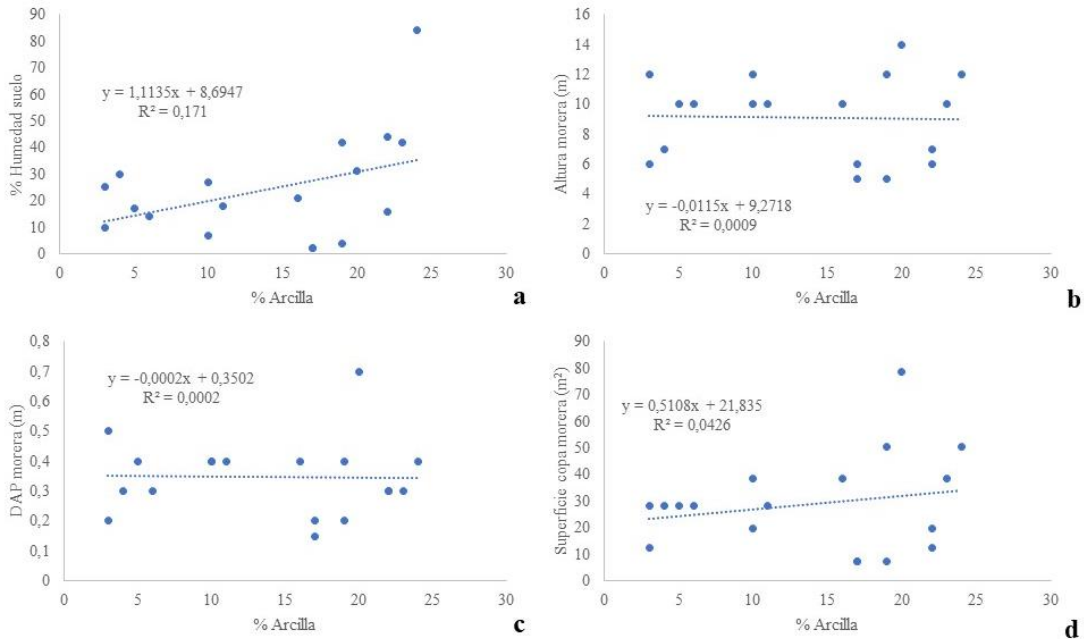


Figura 51 a-d. Análisis de correlación y regresión simple entre Porcentaje de Arcilla en suelo y a) % Humedad suelo, b) Altura morera (m), c) DAP morera (m) y d) Superficie de copa de morera (m²).

3.2.9 Porcentajes de Humedad en suelo

En suelos de E.V se obtuvo un porcentaje promedio de humedad de suelo $\bar{X} = 27\%$ y una desviación estándar $S = 23,72\%$, y en A.A un porcentaje promedio $\bar{X} = 22\%$ y una desviación estándar $S = 16,67\%$. La prueba de normalidad para los datos de porcentajes de humedad en suelo de E.V indicó que no distribuyen normal con un valor de $p = 0,006071$, para los datos de porcentaje de humedad en suelo de A.A indicó que tienen distribución normal con un valor de $p = 0,2142$. La prueba U-Mann Whitney (Prueba de Rangos de Wilcoxon) para porcentajes de humedad entre las muestras de suelos de E.V y A.A, indicó que no hay diferencias significativas en los valores promedios de porcentajes de humedad en suelo con un valor de $p = 0,8251$, (Figura 52).

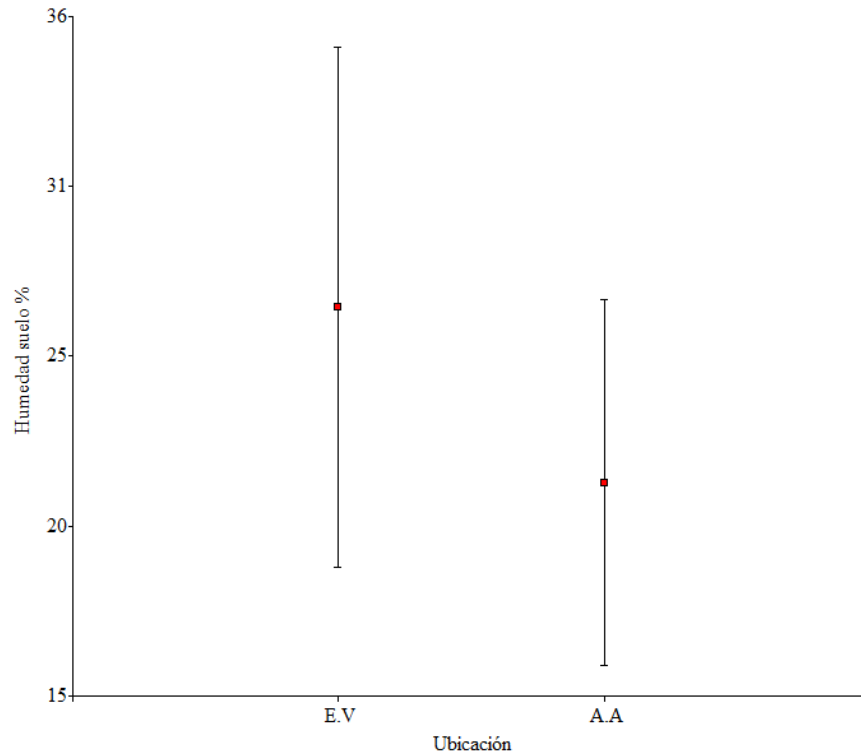


Figura 52. Porcentajes de Humedad del suelo en ambos sitios, E.V y A.A.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de los valores de porcentajes de humedad entre los tres sitios de E.V., plaza de Marquesado, plaza 25 de Mayo y plaza de Santa Lucía con un valor de $p=0,1509$, indicó que distribuyen normal, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p=0,01372$, no cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA no paramétrico con prueba Kruskal Wallis con un valor de $p=0,03879$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de humedad de suelo entre los tres sitios de E.V., (Figura 53).

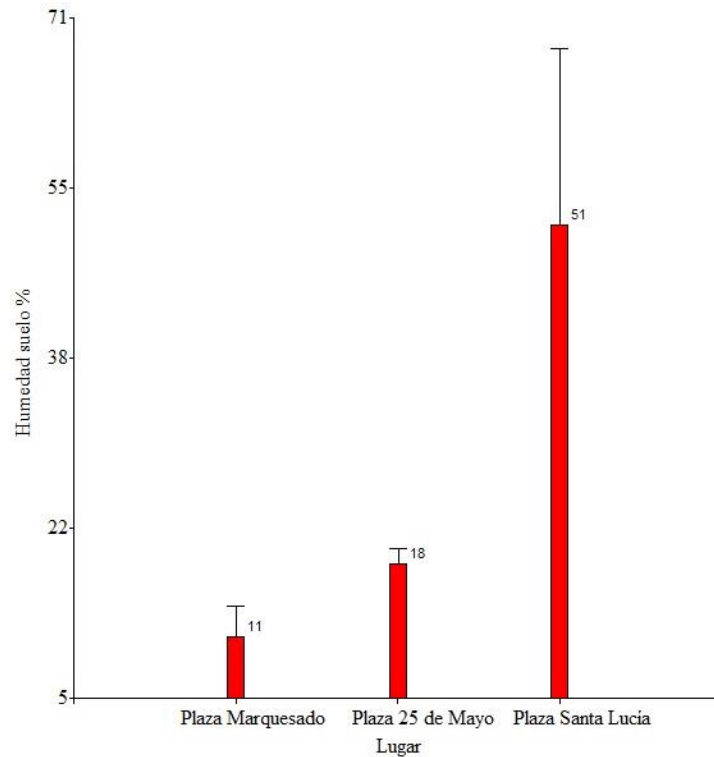


Figura 53. Porcentajes de Humedad en el suelo en los tres lugares de E.V. Plaza de Marquesado, Plaza 25 de Mayo y Plaza de Santa Lucía.

La prueba de Shapiro Wilk a los residuos de porcentajes de humedad de suelo entre los tres sitios de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco, indicó que distribuyen normal con un valor de $p= 0,317$, y la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas indicó un valor de $p= 0,1177$, cumpliendo con los supuestos de homogeneidad de varianzas. El ANOVA paramétrico con prueba de Tukey con un valor de $p= 0,001174$ indicó que hay diferencia entre los valores de porcentajes de humedad entre los tres sitios de A.A., (Figura 54).

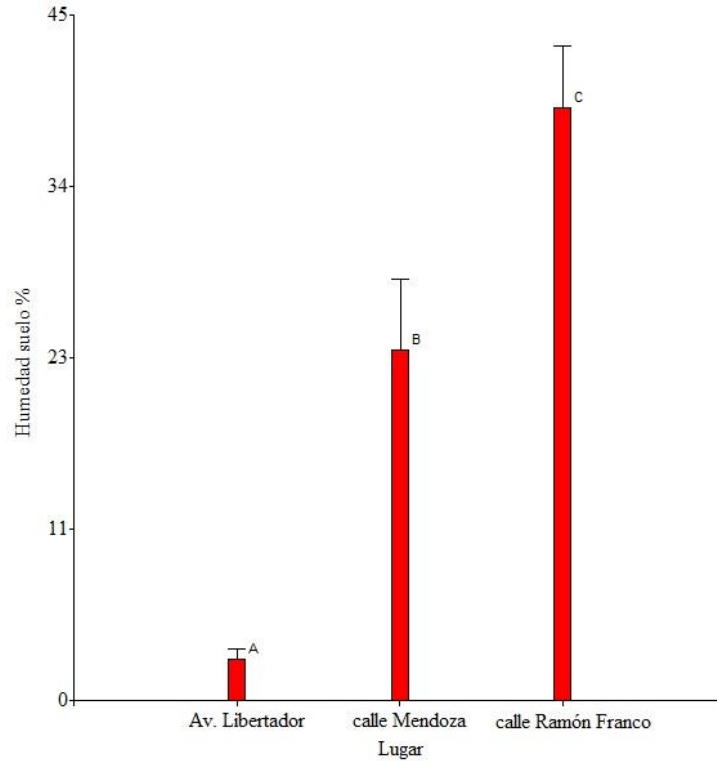


Figura 54. Porcentajes de Humedad en el suelo en los tres lugares de A.A, Av. Libertador, calle Mendoza y calle Ramón Franco.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk para los valores de porcentajes de humedad en suelo, mostraron un valor de $p= 0,0452$, los cuales no poseen distribución normal y para los valores de alturas de los ejemplares de moreras, con un valor de $p= 0,0431$, indicó que no poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de humedad en suelo y altura de ejemplares de moreras mostró un valor de $\rho= 0,46$; $p= 0,0553$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,1621$, indicó que hay una asociación positiva débil entre las variables. Para los valores de diámetro a la altura del pecho de los ejemplares de moreras (DAP), con un valor de $p= 0,1320$, indicaron que poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentaje de humedad en suelo y DAP con un valor de $\rho= 0,35$; $p= 0,1485$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,0746$, indicó que hay una asociación positiva muy débil entre las variables. Para los valores de superficie de copa de moreras se obtuvo un valor de $p= 0,1316$ lo que indicó que poseen distribución normal. La correlación de Spearman entre porcentajes de humedad de suelo y superficie de copa de moreras con un valor $\rho= 0,60$; $p= 0,0088$ y de regresión con un valor de $R^2= 0,2765$, indicó que hay una asociación positiva entre las variables, (Figura 55 a-c).

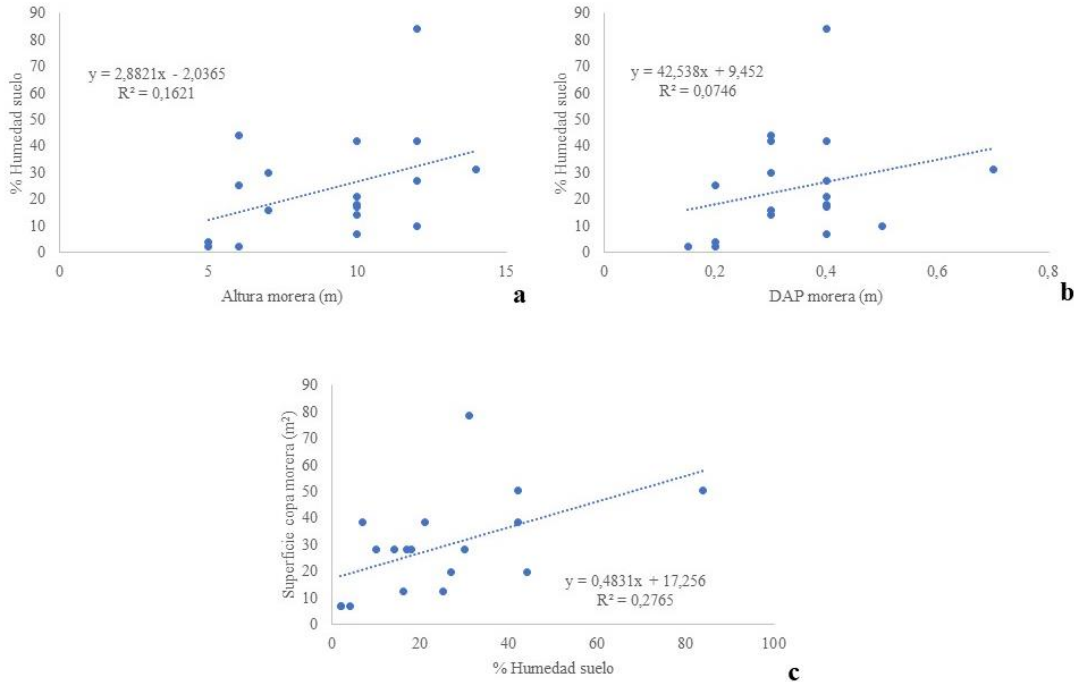


Figura 55 a-c. Análisis de correlación y regresión simple entre Porcentaje de Humedad en suelo y a) Altura morera (m), b) DAP morera (m) y c) Superficie de copa de morera (m²).

3.3 Estado del Riego en E.V y A.A

Se observó que las técnicas de riego para aportar agua a los ejemplares de moreras, varían en los E.V y en A.A. En los E.V, como es la Plaza de Santa Lucía, la técnica de riego es por aspersión, en Plaza de Marquesado es a manto y en Plaza 25 de Mayo es por goteo. En A.A, como es el caso de Calle Ramón Franco y Av. Libertador, el riego se efectúa a través de acequias y en calle Mendoza, el riego se realiza por goteo, (Tabla 2).

Tabla 2. Tipo de riego en E.V y A.A.

Lugar	Ubicación	Tipo de riego	Presencia de Humedad en superficie	Estado actual del sistema de riego
Plaza Santa Lucía	E.V	Aspersión	Con presencia	En funcionamiento
Plaza Marquesado	E.V	A manto	En algunos sectores	En funcionamiento
Plaza 25 de Mayo	E.V	goteo	Sin presencia	Sin funcionamiento
Calle Ramón Franco	A.A	Acequias	Sin presencia	Sin funcionamiento
Av. Libertador	A.A	Acequias	Sin presencia	Sin funcionamiento
Calle Mendoza	A.A	Goteo	Sin presencia	Sin funcionamiento

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

De acuerdo al Center for Landscape Research (1993), la plantación de árboles en un medio urbano tiene una serie de limitaciones prácticas, que los técnicos de proyectos deben tener en cuenta. En el presente trabajo los ejemplares de morera (*Morus alba*) analizados no mostraron diferencias en altura (m) entre ejemplares de espacios verdes (E.V) y ejemplares de arbolado de alineación de veredas (A.A), tampoco se observaron diferencias en altura entre los ejemplares de E.V ni entre los de A.A, esto puede deberse a que fueron implantados en la misma época (según información de la Dirección de Arbolado Público de la provincia). Si mostraron diferencias en el DAP, los ejemplares de espacios verdes (E.V) con respecto a los ubicados en arbolado de alineación de veredas (A.A), esto puede ser debido a las condiciones ambientales y ecológicas donde se encuentran implantados, es decir los ejemplares de E.V tienen mayor espacio para desarrollo tanto radicular como aéreo lo que les permite un mejor aprovechamiento de los recursos (nutrientes, agua, etc.), al contrario de los ejemplares de A.A que están condicionados a un espacio reducido por presencia de hormigón en tazas, cunetas impermeabilizadas o próximos a veredas (Ledesma, 2008). Entre los ejemplares de E.V, como así también entre los ejemplares de A.A no hay diferencias en los DAP. Las superficies de copa entre ejemplares E.V y A.A no mostró diferencias, tampoco se observó diferencia de superficie de copa entre ejemplares de E.V, pero si se observó diferencia entre los ejemplares de A.A, esto puede ser debido a las prácticas de poda, falta de frecuencia de aplicación de agua para riego y con el consiguiente estrés que esto produce, además del entorno urbano donde están ubicadas. De acuerdo con Anselmi y Vannini (1996) las podas exageradas y fuera de tiempo debilitan a los ejemplares arbóreos haciéndolos más susceptibles al ataque de microorganismo y según Eccher (1996), los árboles que sufren sequía, pueden desarrollar nuevas estructuras y crecimiento de calidad en el periodo vegetativo activo (primavera-verano) si son regados, pero a expensas de las sustancias de reserva. Si el evento se repite en un corto plazo, puede ocurrir que la planta no esté en condiciones de desarrollar nuevas estructuras y se vea afectada. Mientras que las reservas estén disponibles la planta puede recuperarse del estrés, pero cuando estas se agotan empieza el debilitamiento.

El suelo en el entorno urbano, en la mayoría de las ciudades, está compactado o rellenado. En este trabajo se evaluaron diferentes propiedades físico-químicas del suelo como texturas

(porcentajes de arena, limo y arcilla), CE (conductividad eléctrica), pH, N total (ppm), P₂O₅ intercambiable (ppm), K₂O intercambiable (ppm) y porcentaje de humedad de suelo.

La textura es la proporción de partículas menores a 2 mm que componen un suelo, clasificándolas en arenas, limos y arcillas (Buol, 1990). Los porcentajes de arena registrados en este trabajo indicaron que entre los suelos de E.V y A.A no hay diferencias, entre los suelos de E.V si hay diferencias, como así también entre suelos de A.A. Los porcentajes de arena en el suelo influyen de manera negativa con el porcentaje de humedad del suelo, esto puede ser debido al tamaño de los poros entre las partículas, lo que ocasiona que exista menor retención de agua. El porcentaje de arena en el suelo tiene poca relación con respecto a la altura, DAP y superficie de copa de ejemplares de moreras.

Los porcentajes de limo mostraron que no hay diferencias entre los suelos de E.V y A.A, pero si entre los suelos de E.V como así también entre los suelos de A.A. Los porcentajes de arcilla indicaron que no hay diferencia entre los suelos de E.V y A.A, entre los suelos de E.V tampoco hay diferencias, pero si hay diferencia en los suelos de A.A. Las diferencias en los porcentajes de arena y limo entre suelos de E.V y entre suelos de A.A, como así también la diferencia en los porcentajes de arcilla entre suelos de A.A, está dado por factores antrópicos al momento de preparar, acondicionar los sitios y realizar la implantación de los individuos en el entorno urbano, dado que existió remoción y mezcla de suelo. Los porcentajes de limo y de arcilla en el suelo influye de manera positiva con el porcentaje de humedad del suelo, esto puede ser debido a que el tamaño de los poros entre las partículas del suelo al ser más pequeñas, permiten retener agua entre ellas. El porcentaje de limo en el suelo tiene muy poca relación con respecto a la altura, el DAP y la superficie de copa de los individuos de moreras. El porcentaje de arcilla tiene muy poca relación con respecto a la altura y el DAP de los individuos de moreras y con la superficie de copa una leve relación positiva.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) en suelo registrados en E.V y A.A, son característicos de zonas áridas. De acuerdo con Uliarte (*et al.*, 2013), que indica que los suelos de sistemas áridos contienen exceso de sales solubles. No se observaron diferencias en los valores de CE entre los suelos de E.V y A.A, como así también tampoco se observaron entre los suelos de E.V y entre los de A.A. Los valores de CE del suelo registrados tienen poca relación con el pH del suelo, hay una tendencia que al aumentar la CE aumenta el pH, de acuerdo con Simón (*et al.*, 2013), donde obtuvieron resultados similares indicando que valores de CE tienen una relación débilmente positiva con el pH del suelo. Con respecto al

N total hay una leve relación que indica que al aumentar la CE disminuye el contenido de N total, Johnson (*et al.*, 2001) y Fox (2004), mencionan que la escasa correlación entre CE y N total, probablemente es porque otros aniones pueden estar influyendo con la medición de la CE. La CE muestra una relación positiva directamente proporcional con el contenido de P_2O_5 y K_2O , es decir, al aumentar el valor de CE en el suelo aumenta el contenido de P_2O_5 y K_2O en el mismo, según Kaviraj y Sharma (2003), esto podría deberse a que el decrecimiento de la CE con respecto al N total, y el crecimiento de la CE con respecto al P_2O_5 y al K_2O es por la interacción de iones minerales presentes en el suelo. Con respecto al porcentaje de arena, la CE disminuye a medida que aumenta el porcentaje de arena en el suelo, esto puede estar dado por la porosidad que al ser de mayor tamaño el agua drena por gravedad e infiltra a mayor velocidad lo que provoca que las sales presentes se disuelvan y escurran. Con respecto al porcentaje de limo y arcilla, existe una relación positiva con la CE, esto también puede deberse a la porosidad también, dado que al ser menores los espacios entre las partículas, el agua permanece más tiempo con sales y cuando se evapora, estas sales se concentran. Rhoades (*et al.*, 1989), indica que el contenido de partículas finas está correlacionado positivamente con la CE, la conducción de la electricidad en los suelos se realiza principalmente a través de macro y micro- poros continuos y llenos de agua entre partículas de suelo, los suelos con mayor porcentaje de partículas finas tienen un importante contacto partícula-partícula y mayor número de poros pequeños que retienen agua con mayor fuerza y por más tiempo, por lo que permiten conducir mejor la electricidad, comparado con los suelos que tiene mayor contenido de partículas de arena (Farahani *et al.*, 2007; Shaner *et al.*, 2008;). La relación positiva entre CE y contenido de partículas finas es consistente con estudios previos (Sudduth *et al.*, 2003; Corwin *et al.*, 2006). La CE tiene una leve relación positiva con respecto a la humedad del suelo, lo que puede ser a la presencia de algunas sales disueltas y asociadas a la textura. La CE influye de manera negativa en la altura, DAP y superficie de copa de los ejemplares de morera de manera directamente proporcional, es decir a mayor valor de CE menor es la altura, el DAP y la superficie de copa de los ejemplares de moreras, esto puede ser debido que, a mayor concentración de sales presentes en el suelo, es más difícil que los ejemplares de moreras puedan absorber agua, debido a la diferencia de potencial hídrico presente (Alfonso, 1998; Bartels & Ramanjulu, 2005).

Los valores de pH registrados en E.V y A.A son ligeramente alcalinos, de acuerdo con lo propuesto por Martínez (2011), que indica que los suelos de zonas áridas normalmente

presentan valores de pH cercanos o mayores a la neutralidad. Existen antecedentes que dan cuenta que el pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes. Cada nutriente se comporta de manera distinta en el suelo, y el pH regula la disponibilidad de los mismos para las plantas (Ortiz, 1979). Se observó que hay diferencia entre los valores de pH del suelo entre E.V y A.A, siendo ligeramente más alcalinos los de A.A. Entre los valores de suelos de E.V, también se observaron diferencias y entre valores de pH de suelos de A.A no se observaron diferencias. Las diferencias en los valores de pH podrían ser causadas por las sales presentes, sus características y la concentración de las mismas, como así también por los procesos geoquímicos y biológicos que tienen lugar. De acuerdo con Brady y Wail (2002) valores de pH entre 7,4 y 7,8 son característicos de suelos con carbonato de calcio (CaCO_3). Los valores de pH registrados se relacionan de manera levemente negativa con la concentración de N total y de P_2O_5 en el suelo, pero se relaciona de manera positiva con la concentración de K_2O en el suelo. Cervera-Mata *et al.* (2019) explican que, dependiendo del valor de pH, este contribuye a movilizar los nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos, para hacerlos más asimilables para las plantas debido a la sustitución de cationes por protones en el suelo. Con respecto al porcentaje de arena en el suelo, el pH se relaciona de manera negativa, lo que puede deberse que, al existir mayor espacio de poros entre las partículas del suelo, la concentración de iones de hidrógeno no sea tan elevada. El pH se relaciona de manera positiva con los porcentajes de limo, arcilla y humedad del suelo, lo que indica que el tamaño de los poros entre las partículas al ser menor hay mayor cantidad de iones hidrógenos presentes. El pH tiene poca relación positiva con la altura de ejemplares de morera, con el DAP tiene una relación levemente negativa y con la superficie de copa de ejemplares de morera una relación levemente positiva.

Según Acevedo y Candia (2003), la totalidad del nitrógeno aportado por el suelo al árbol proviene de la descomposición de la materia orgánica por lo que, en general, a mayor contenido de materia orgánica disponible en el suelo, hay mayor disponibilidad de nitrógeno. En este estudio los valores obtenidos de N total de suelo no mostraron diferencias entre los valores de E.V y A.A, tampoco entre los valores de suelos entre E.V, pero si entre valores de suelo entre A.A. De acuerdo a Berry (*et al.*, 2002), esta diferencia entre los valores de N total entre los suelos de A.A, puede deberse a que en algunos sitios hay mayor acumulación de N total por acumulación de materia orgánica y en otros exista menor acumulación de materia orgánica lo que hace que exista menor concentración de N total. Los valores obtenidos de N

total en el suelo tienen una relación positiva con el porcentaje de arena en el suelo, pero una relación negativa con el porcentaje de limo y arcilla en el mismo, como así también una relación levemente negativa con el porcentaje de humedad en el suelo. Con respecto a la altura, el DAP y la superficie de copa de ejemplares de morera, el N total tiene una relación negativa, esto puede ser debido a la elevada concentración.

Diferentes texturas de suelo generan una amplia gama de comportamiento del fósforo (Suñer L. y Galantini J., 2015). Los valores de P_2O_5 obtenidos indican que no hay diferencia entre los valores de concentración de fósforo entre los suelos de E.V y A.A, como así también tampoco hay diferencia entre los suelos entre E.V y entre los suelos de A.A. Toledo (*et al.*, 2017) indican que valores mayores a 40 ppm de fósforo intercambiable, presentan una alta concentración de este elemento en el suelo, como es el caso de este estudio, lo que puede deberse a la relación con las sales presentes. Los valores de concentración de P_2O_5 en el suelo mostraron que hay una relación débilmente negativa con el porcentaje de arena y limo en el suelo, y con el porcentaje de arcilla tiene una leve relación positiva. Según Mengel y Kirkby (2000) el P_2O_5 , dependiendo el tipo de arcilla, es el grado de afinidad que va tener. Con respecto al porcentaje de humedad en suelo tiene una leve relación positiva con la concentración de P_2O_5 , siendo esta, capaz de afectar de manera diferencial las características del P_2O_5 (Ippolito *et al.*, 2010). La concentración de P_2O_5 en el suelo influye levemente de manera negativa en la altura y el DAP de los ejemplares de moreras, pero con la superficie de copa tiene una relación levemente positiva. El fósforo interviene en muchas de las reacciones que utilizan energía dentro de la célula ya que forma parte integral de las moléculas que acumulan energía como el adenosin trifosfato (ATP), estas moléculas se forman como resultado de la fotosíntesis y son utilizadas en la respiración de la planta. Por consiguiente, es de vital importancia para la generación de células nuevas; por ejemplo, la producción de raíces al inicio de los ciclos vegetativos, como así también, el fósforo es el responsable, además, de la naturaleza fuertemente ácida de los ácidos nucleicos, así como de la excepcionalmente alta concentración de cationes en las estructuras de estos ácidos. (Richardson, 2001).

El potasio es un macroelemento que desempeña un papel muy importante en las plantas, participa en la apertura estomática, donde las células guardadas se abren con la acumulación del potasio y se cierran con su pérdida, contribuye a mantener niveles altos de turgencia a través de la retención de agua en las células, participa en la activación de enzimas en la fotosíntesis,

así como en la calidad de las plantas (Tavakol *et al.*, 2018). Los valores de K_2O registrados en los suelos del presente estudio indicaron que hay diferencia entre los suelos de E.V y A.A, a su vez no hay diferencia en los valores de K_2O entre los suelos de E.V, como así tampoco hay diferencia entre los suelos de A.A. Según López (1991) el potasio en el suelo está relacionado a la capacidad de intercambio de cationes y la mineralogía del suelo, a su vez, la cantidad de K_2O puede ser modificado por el manejo antrópico (Rodríguez, 1990), o por las condiciones urbanas presentes. La concentración de K_2O en suelo influye levemente de manera negativa con respecto al porcentaje de arena en el suelo, de manera levemente positiva con el porcentaje de limo y arcilla en el suelo, con respecto a la humedad del suelo se relaciona levemente. La concentración de K_2O influye de manera negativa con respecto a la altura, DAP y superficie de copa de los individuos de moreras. Algunas de las principales funciones de las plantas donde participa el potasio son la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994; Marschner, 1995).

Fraden (2016) define a la humedad como la cantidad de agua contenida en un medio, con relación al suelo, se ha determinado que no existe un solo tipo de humedad, sino que depende de las fuerzas que actúan sobre las moléculas de agua, que están determinadas por la estructura y composición del suelo. Los porcentajes de humedad registrados indicaron que no hay diferencia entre los suelos de E.V con respecto a los de A.A, entre los suelos de E.V si hay diferencias en los porcentajes de humedad y entre los suelos de A.A también hay diferencia en los porcentajes de humedad. Esta diferencia de porcentajes de humedad está relacionada a las cantidades de partículas más finas que componen el suelo (limo y arcilla), como así también a la frecuencia de riego que se realiza por parte del ser humano, por los valores registrados, hace bastante tiempo que no se realiza riego en algunos sitios, sumado que las precipitaciones son escasas en esta región. El porcentaje de humedad del suelo influye de manera positiva en la altura, DAP y superficie de copa de ejemplares de moreras, dado que es lo que provoca que las células de los individuos de moreras aprovechen la disponibilidad de agua para su almacenamiento, saturación y crecimiento.

Con respecto al tipo de riego observado, en cada E.V es diferente. En plaza Santa Lucía se caracteriza por ser por aspersión, el cual está en funcionamiento, a su vez se registró buen porcentaje de humedad promedio en el suelo. En plaza Marquesado el riego se realiza a manto, se observó que algunos sectores estaban regados, mientras que otros estaban secos,

los porcentajes de humedad promedios en el suelo registrados también fueron buenos. En plaza 25 de Mayo, el riego es por goteo, no se observó el funcionamiento del mismo, el porcentaje de humedad promedio fue bajo. En el caso del tipo de riego en A.A, en calle Ramón Franco es por acequias, no se observó paso de agua, es decir no está en funcionamiento, los porcentajes de humedad promedio en el suelo fueron buenos, esto puede ser debido a que los ejemplares de moreras están recibiendo aporte de agua de riego por parte del frentista o las precipitaciones. En Av. Libertador el riego es realizado también por acequias, no se observó paso de agua, los porcentajes de humedad fueron extremadamente bajos, lo que indicó que los ejemplares de moreras están bajo estrés. En calle Mendoza el riego es por goteo, el cual no está en funcionamiento, los porcentajes de humedad promedio en el suelo fueron bajos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los parámetros físico químicos registrados en este estudio como CE, pH, N total, P₂O₅ y K₂O, y la interacción entre sí, influyen en la disponibilidad de nutrientes y en el desarrollo vegetativo de los ejemplares de moreras, dependiendo que variables interaccionen, pueden relacionarse de manera positiva o negativa.

Las texturas registradas en este estudio indican mayor porcentaje de arena con respecto a los porcentajes de limo y arcillas, no encontrando relación entre las texturas registradas con la altura, DAP y superficie de copa de los individuos de morera, es decir que este tipo de texturas no influyen en el desarrollo vegetativo de los ejemplares de morera. Si se encontró relación entre las texturas con respecto a CE, pH, N total y una relación más débil con P₂O₅ y K₂O.

Los valores elevados registrados de N total, P₂O₅ y K₂O, pueden deberse a las condiciones antrópicas presentes en la ciudad como los aportes por filtraciones por la presencia de cloacas, pozos negros, materia fecal y orina de animales que transitan por estos lugares, que generan acumulación de estos compuestos en el suelo de E.V y de A.A.

El suelo en el entorno urbano puede ser un indicador de contaminación por la concentración de N total, P₂O₅ y K₂O, como así también de otros elementos lo que contribuiría al cuidado del mismo y a entender el funcionamiento de este en el valle del Tulum.

El porcentaje de humedad en el suelo influye de manera positiva en el desarrollo vegetativo de los ejemplares de morera. Los valores de humedad registrados en las muestras compuestas de suelo fueron similares tanto en E.V. como en A.A, pero si hubo diferencias entre los valores de porcentajes de humedad entre sitios de E.V y entre sitios de A.A.

El funcionamiento del sistema de riego actual registrado en este estudio en E.V varía, siendo por aspersión en plaza Santa Lucía, en plaza de Marquesado a manto y en plaza 25 de Mayo por goteo. Se observó que la plaza de Santa Lucía es la que tiene una mejor frecuencia de riego, por los valores de humedad registrados en las muestras de suelo compuestas al momento de realizar este estudio, en cuanto a plaza de Marquesado se observó y averiguó ante la municipalidad de Rivadavia que el riego a manto se realiza una vez por semana, y en plaza 25 de Mayo el riego se realiza por goteo, pero el mismo no se encontraba en funcionamiento, dado por los porcentajes de humedad registrados. En los sitios de A.A., el sistema de riego es por acequia, en calle Ramón Franco, el cual no está en funcionamiento, los valores de humedad registrados, es posible que sean por riego individual de parte de

frentistas, en Av. Libertador el sistema de riego también es por acequia, no está en funcionamiento, se registraron valores de porcentajes de humedad extremadamente bajos en las muestras de suelo compuestas, en calle Mendoza, el riego es por goteo y tampoco está en funcionamiento, también se registraron valores de porcentajes de humedad bajos.

Dado que los suelos que componen los E.V y el A.A, han sido modificados por el hombre (material removido y de relleno), para generar condiciones para la implantación de vegetación exótica, entre ellas, ejemplares de morera. Este trabajo es un aporte para la planificación, el conocimiento sobre las condiciones ambientales presentes en zonas urbanas, el cuidado del suelo y de las especies arbóreas. Por esto, es importante conocer las características físico-químicas del suelo presentes en estas zonas áridas urbanas de la provincia de San Juan, dado que nos permite entender y comprender estas condiciones, para la planificación en la implantación de especies de individuos arbóreos adecuados, a fin de garantizar la supervivencia, crecimiento y vigorosidad de estos, para continuar recibiendo los beneficios ambientales (captura de gases y aporte de oxígeno, sombra, disminución de ruidos, ornamentación, etc.) y ecosistémicos (aportes de materia orgánica, lugares para percha y nidificación de aves, refugio para otros ejemplares de fauna, cadenas tróficas, fijación del suelo, etc.) que brindan durante un mayor periodo de tiempo. A su vez contribuye a saber si es necesario realizar alguna medida de manejo como agregado y mezcla de algún tipo de textura (arena, limo o arcilla) para generar mayor retención de humedad, mayor aireación, también para realizar aportes de nutrientes en el suelo o aumentar la frecuencia de riego para mantener niveles de humedad adecuados para que los individuos no se debiliten y sean propensos al ataque de alguna plaga y/o enfermedad, como así también que se genere un riesgo de caída de ramas y/o del individuo que dificulte o ponga en riesgo a la población o a los bienes materiales.

Es necesario realizar más monitoreos, estudios e investigaciones que contribuyan a conocer estas condiciones urbanas presentes en la provincia. Como así también tener en cuenta el consumo hídrico de las especies arbóreas que sean adecuadas para este ecosistema urbano.

CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM E., del VALLE H. F., ROIG, F., TORRES L., ARES J.O., CORONATO F. Y GODAGNONE R. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 73(2), 144-153.
- ACEVEDO E., Y CANDIA P. D. C. S. 2003. *Agronomía de la cero labranza*. Universidad de Chile, Departamento de Producción Agrícola.
- ALFONSO R., V. 1998. Determinación de los parámetros genéticos-fisiológicos indicadores del estrés hídrico para su empleo en el mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.) y la estabilidad varietal. [Tesis de grado]; INCA, Cuba. 86 pp.
- ANSELMINI N., Y VANNINI A. 1996. Danni da inquinanti ambientali sulle alberate e sui parchi urbani. *Acer* 2. Pág: a18-a23.
- BALDOR, J. A. 2004. *Geometría plana y del espacio*. México: Publicaciones Cultural.
- BALTA-CRISÓLOGO R. A., RODRÍGUEZ-DEL CASTILLO Á. M., GUERRERO-ABAD R., CACHIQUE D., EDÍN A. P., ARÉVALO-LÓPEZ L., Y OSCAR L. 2015. Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. *Folia Amazónica* 24 (2), 23-30.
- BARTELS D., Y RAMANJULU S. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Science* 24(1): 23-58.
- BERRY P. M., SYLVESTER-BRADLEY R., PHILIPPS L., HATCH D. J., CUTTLE S. P., RAYNS F. W., Y GOSLING P. 2002. Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use Manage.* 18: 248-255.
- BOUYOUCOS G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- BRADY N. C., Y WEIL R. R. 2002. *The nature and properties of soils*. 960 p. 13 ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- BRAY R. H. Y KURTZ L. T. 1945. Determination of total, organic, and available forros of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:39-45 .
- BREMNER J. M., Y MULVANEY, C. S. 1982. Nitrogen total. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2)*, 595-624.
- BUOL S. W. 1990. *Génesis y clasificación de suelos*. - 2a ed. – México. Trillas (reimp. 2013). 417 p. ISBN 97 8-9 68-2 4-3 93 1-5
- CABRERA A. L. 1994. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Fascículo 1. ACME, Buenos Aires. 85 pp.
- CENTER FOR LANDSCAPE RESEARCH. 1993. *Heritage Forest Vegetative Study*. Toronto: Center for Landscape Research. University of Toronto. Municipality of Metropolitan Toronto Transportation Department. Documento en Internet
- CERVERA-MATA A., NAVARRO-ALARCÓN M., DELGADO G., PASTORIZA S., MONTILLA-GÓMEZ J., LLOPIS J., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ C., Y RUF IÁN-HENARES J. Á. 2019. Spent coffee grounds improve the nutritional value in elements of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and are an ecological alternative to inorganic fertilizers. *Food Chem.* 282: 1-8.

- CHAPIN III, F. S., CARPENTER S. R., Y KOFINAS G. P. 2009. Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(4), p. 241-249.
- CORWIN D. L., LESCH S. M., OSTER J. D., Y KAFFKA S. R. 2006. Monitoring management-induced spatio-temporal changes in soil quality through soil sampling directed by apparent electrical conductivity *Geoderma* 131: 369-387
- DALMASSO A., MÁRQUEZ J., ABARCA A. Y MONTECCHIANI R. 2014. *Especies apropiadas de arbolado para la provincia de San Juan - 1a ed. - San Juan: Universidad Nacional de San Juan. ISBN 978-950-605-781-7*
- DOW K. 2000. Social dimensions of gradients in urban ecosystems. *Urban Ecosystems*, 4, p. 255-275.
- ECCHER T. 1996. La spirale del deperimento: considerazioni introduttive. *Acer* 2. Pág: a4-a6
- FARAHANI H. J., Y FLYNN R. L. 2007. Map quality & zone delineation as affected by width of parallel swaths of mobile agricultural sensors. *Precision Agric.* 96: 151-159.
- FOX M. L. 2004. Identifying soils with potential of expanding sulfate mineral formation using electromagnetic induction. Thesis for Degree of Master of Sciencef Kansas State University.
- FRADEN J. 2016. Humidity and Moisture Sensors. En J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors* (pp. 507–523). Springer International Publishing.
- GERRARD J. 1990. Soil variations on a hillslope in humid temperate climates. En: *Soils and landscape evolution*, Kneufer P. L., Mc Fadden L. (Eds), *Geomorphology* 3: 225-244.
- GRIMM N. B., Y REDMAN C. L. 2004. Approaches to the study of urban ecosystems: The case of Central Arizona-Phoenix. *Urban Ecosystems*, 7, p. 199-213.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1976. Estudio de los suelos de los valles de Tulum, Ullum y zonda. Tomo 1 y 2. San Juan: Gobierno de la Provincia de San Juan, y Centro Regional de Aguas Subterráneas del Instituto Nacional del Agua (INA-CRAS).
- IPPOLITO J. A., BLECKER S. W., FREEMAN, C. L., MCCULLEY, R. L., BLAIR, J. M., Y KELLY E. F. 2010. Phosphorus biogeochemistry across a precipitation gradient in grasslands of central North America. *J. Arid Environ.* 74, 954–961.
- JOHNSON C. K., DORAN J. W., WIENHOLD B. J Y SHANAHAN J. F. 2001. Fieldscale electrical conductivity mapping for delineating soil condition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1829-1837.
- KAVIRAJ Y SHARMA S. 2003. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresour. Technol.* 90: 169-173.
- KOPTA F. 1997. Manual de poda del arbolado público. ACUDE. Córdoba, Argentina.
- KÖEPPEN W. 1948. *Climatología*. Buenos Aires. Panamericana.
- KURBÁN A., PAPPARELLI A., CÚNSULO M., MONTILLA E. Y RÍOS E. 2007. Espacios verdes y variación de la humedad relativa en entornos urbanos áridos. En: XXX Congreso de ASADES (San Luis, 12-16 de noviembre de 2007). Laboratorio de energía solar, Universidad Nacional de San Luis, 2007b, pp. 11.01 - 11.06.
- KURBÁN A. Y CÚNSULO, M. 2015. Estudio del efecto térmico de espacios verdes urbanos del árido con sensores remotos. *Hábitat Sustentable*. Vol. 5, no 2, pp. 42 - 55.

- KURBÁN A. 2016. Cuantificación del confort bioclimático de los espacios verdes urbanos. Capítulo II de Tesis de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo: Verde Urbano. Contribución Bioclimática a la sustentabilidad de Ambientes Áridos. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan.
- LANBIM E. F., Y MEYFROIDT P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), p. 3.465-3.472.
- LEDESMA M. 2008. Arbolado público: Conceptos. Manejo. Ediciones INTA. Córdoba. 75 págs.
- LOHN P. 1970. " Hidrogeoquímica en los valles de Tulum y Ullum-Zonda, provincia de San Juan. Estudio de la salinidad del agua subterránea y superficial." En plan de Agua subterránea, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Consejo Federal de Inversiones: 1-70, San Juan.
- LÓPEZ N. U. 1991. El estudio del K como nutriente en los suelos del estado de Tabasco. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Villahermosa. Tabasco, México. 114 p.
- LUPANO C. F. 2008. La Cuenca del río San Juan. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la República. Buenos Aires.
- LUTERS J. C., Y SALAZAR J. P. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Buenos Aires. United States Department of Agriculture, CRN-CNIA-INTA. 88 p.
- LLORET G. AND G. M. SUVIRES 2006. "Groundwater basin of the Tulum Valley, San Juan, Argentina: A morphohydrogeologic analysis of its central sector." *Journal of South American Earth Sciences* 21(3): 267-275.
- MAATHUIS F. J. M., Y SANDERS D. 1994. Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of *Arabidopsis thaliana*. *ProC. Natl. Acad. Sci. USA* 91: 9272-9276. Marschner, H. 1995. «Mineral Nutrition of Higher Plants,» 2nd Ed., Academic Press, San Diego, New York.
- MARTÍNEZ CARRETERO, E. Y MORENO, G. 2008. Estudio de caso: Sedimentación atmosférica seca y biomonitoreo en hojas de *Morus alba* L. en la ciudad de San Juan (Argentina). En: M. A. Castro y A. M. Faggi (comp.) *Bioindicadores de la contaminación ambiental*. 1ª ed. Dunken. Buenos Aires 89-110pp.
- MENGEL K., Y KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4 ed. Melgar; Ruiz, M. eds, IPI (International Potash Institute), Basel, Switzerland. 692 p.
- MORELLO J. 1958. La provincia fitogeográfica del monte. Opera Lilloana. N° 2. Tucumán Argentina. Fundación Miguel Lillo. 1958. 155 p.
- MORENO G. 2017. Verde Urbano: *Morus alba* L. como indicador de contaminación por sólidos en suspensión a lo largo de un gradiente de urbanización en las ciudades de San Juan y Mendoza, Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. Tesis Doctoral.
- NIERI E., M., DOS SANTOS L., M., KÖNIG BRUN F., G., BRUN E., J., KREFTA S., M. Y GRISI MACEDO R., L. 2018. Condiciones de los árboles urbanos: un estudio de revisión. *RECyT*. N° 30- pag. 56–61.
- NOVOZAMSKY I., Y HOUBA, V. J. G. 1987. Critical evaluation of soil testing methods for K.
- ORTEGA A., FLORES D., G Y PITTALUGA M. A. 2023. Requerimientos Hídricos para especies arbóreas del arbolado público en los Valles de Tulum y Ullúm- Zonda de la provincia de San Juan. Editorial UNSJ. ISBN 978-987-8395-40-1.

- ORTIZ V. B. 1979. Fertilidad de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México.
- ORTIZ G., BLANCO F.V., LASPINA C. A., VIDELA L. B., VILLAVICENCIO H. J., REUS M. L., Y ASUNTO O. P. 2018. Aves de mi ciudad. San Juan, Argentina. San Juan-Editorial UNSJ.
- PERELMAN P. Y MARCONI P. 2016. Percepción del verde urbano en parques de la ciudad de Buenos Aires. *Multequina* vol.25 no.1 Mendoza. ISSN 1852-7329.
- PICKETT S. T. A., Y GROVE, M. 2009. Urban ecosystems: What would Tansley do? *Urban Ecosystems*, 12(1), p. 1-8.
- POBLETE A. G. Y MINETTI J. 1989. Los mesoclimas de San Juan. Ira y Ilda. parte. Informe Técnico N° 11 del Centro de Investigación de San Juan (CISA). UNSJ. Boletín 4: 1-89, San Juan.
- POLANSKI J. 1963. Estratigrafía, neotectónica y geomorfología del Pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza. – *Ass. Geol. Argentina, Revista*, 17 (3-4): 127-349.
- RE G. E., EYNARD C., MARTIARENA M., MENNA J. M., HICK E., Y GIL M. 2011. Los árboles de Ciudad Universitaria. – 1ª ed. – Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba
- RHOADES J. D., MANTEGHI N. A., SHOUSE P. J., Y ALVES W. J. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 433-439.
- RICHARDSON A. E. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust. J. Plant Physiol.* (28): p. 897-906.
- ROCCA J. (1969). "Geología de los valles de Tulum, Ullum y Zonda." En plan de Agua subterránea, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Consejo Federal de inversiones: 1-108.
- RODRÍGUEZ A., MARTINEZ P., Y SUVIRE G. 2018. "Water resource distribution and tectonics in the tulum valley, Western Central Argentina." *International Journal of Hidrology* 2(1): 55-59.
- RODRÍGUEZ A.I. 2019. Geología del cuaternario y Geofísica aplicada al diagnóstico ambiental-territorial en el valle de Tulum, provincia de San Juan, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Juan, Repositorio Institucional CONICET Digital <http://hdl.handle.net/11336/103031>, 276 p., San Juan.
- RODRÍGUEZ S., J. 1990. La Fertilización de los Cultivos: un Método Racional. Pontificia Universidad Católica. Santiago, Chile. 275 p.
- ROY R. N., RAM V. M., MONTANEZ A. 2002. Decreasing reliance on mineral nitrogen: yet more food. *Ambio* 31: 177-183.
- SHANER D. L., BRODAHL M. K., y BUCHLEITER G. W. 2008. How well does zone sampling based on soil electrical conductivity maps represent soil variability? *Agron. J.* 100: 1472-1480.
- SIMÓN M., PERALTA N., y COSTA J. L. 2013. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Cienc. suelo* vol.31 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ISSN 1850-2067
- SOIL SURVEY Staff. 1975. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. *Agric. Handbook No. 436*. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC
- SUDDUTH K. A., DRUMMOND S. T., y KITCHEN N. R. 2001. Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers Electronics Agric.* 31: 239-264.

- SUÑER L. Y GALANTINI J. A. 2015. Efecto de la textura sobre los contenidos y distribución del fósforo en suelos de la región Semiárida Pampeana. Boletín del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS). Año 14. Número 27-ISSN 2422-7447.
- SUVIRE G. M. 2014. "The paradigm of paraglacial megafans of the San Juan river basin, Central Andes, Argentina." *Journal of South American Earth Sciences* 55: 166-172.
- SUVIRE G. Y ZAMBRANO, J. 2000. Valles en depresiones intermontanas Cuaternarias del centro-oeste argentino. Valles de Matagusanó, Ullum, Zonda y Ciénaga de Gualilán. *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales*. Publicación número 4.
- SUVIRE G. 2004. Distribución de los suelos en función del relieve y de la neotectónica en la región sureste de la provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 59(3): 376-384.
- SUVIRE G. M. AND P. LUNA 2008. "Unidades geomorfológicas ambientales del sur del oasis del Tulum, Andes Centrales de Argentina." *Multequina* 17: 109-128.
- SUVIRE G. 2014. The paradigm of paraglacial megafans of the San Juan river basin, Central Andes, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 55: 166-172.
- TAVAKOL E., JÁKLI B., ÇAKMAK I., DITTERT K., KARLOVSKY P., PFOHL K., Y SENBAYRAM M. 2018. Optimized potassium nutrition improves plant-water-relations of barley under PEG-induced osmotic stress. *Plant Soil* 430: 23-35.
- TOLEDO R. L., VICIEDO D. O., MORA D. S., CUELLAR L. M., VALENCIA E. R., PÉREZ M. F. Y FLOREZ M. F. 2017. Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. 88 p. ISBN 978-958-15-0273-8.
- ULIARTE E. M. 2013. Especies herbáceas nativas: aportes para su cultivo como coberturas vegetales en viñedos bajo riego en Mendoza: estudios de intercambio gaseoso, eficiencia hídrica y potencial alelopático de lixiviados. RDU. Repositorio digital de la UNC.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2006. Urban watershed forestry manual. Part 3. Urban tree planting guide. Third in a three-part manual series on using trees to protect and restore urban watersheds. Prepared by the Center for Watershed Protection. Newtown Square, PA, USA.
- VENTO B., MARTÍNEZ CARRETERO E., MORENO G. & DUPLANCIC A. 2017. Mineral contents in leaves of *Morus alba* L. (Moraceae) and *Platanus hispanica* Miller (Platanaceae) from the urban forests of central-western area of Argentina., *Botany Letters*, 164:2, 183-192. ISSN: 2381-8107.
- VILLAGRA P. E., CONY M. A., MANTOVÁN N. G., ROSSI B. E., y GONZÁLEZ M. N. 2004. Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. En: Arturi, MF; JL Frangi & JF Goya (eds.). *Ecología y Manejo de Bosques Nativos de Argentina*. Editorial Universidad Nacional de La Plata.
- VITOUSEK P. M. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75, p. 1.861-1.876.
- WABO, E. 2002. Curso de biometría forestal. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- ZAMBRANO J. 1986. "Actualización de la geología de subsuelo del Valle de Tulum, Pcia. de San Juan, Informe publicación P-274." Centro Regional de Aguas Subterráneas, San Juan.

- ZAMBRANO J. J. Y SUVIREZ G. M. 2008. "Actualización en el límite entre sierras Pampeanas occidentales y Precordillera Oriental, en la provincia de San Juan." Revista de la Asociación Geológica Argentina 63(1): 110-116.

WEBGRAFÍA

- https://www.censo.gob.ar/index.php/datos_provisionales/ ISBN 978-950-896-632-2 - ISBN 978-950-896-633-9
- <https://planestrategico.sanjuan.gob.ar/wp-content/uploads/2021/03/Caracterizacion-San-Juan-Version-2021.pdf>

INSTITUCIONES CONSULTADAS

- DIRECCIÓN DE ARBOLADO PÚBLICO. SECRETARÍA DE ESTADO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN-CENTRO CÍVICO 3° PISO-NUCLEO 4-AV. LIBERTADOR GRAL. SAN MARTÍN 750 OESTE. CAPITAL.
- VIVERO AGR. TORTI-DIRECCIÓN DE DESARROLLO AGRÍCOLA-SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y AGROINDUSTRIA-MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN CENTRO CÍVICO 4° PISO-NUCLEO 3-AV. LIBERTADOR GRAL. SAN MARTÍN 750 OESTE. CAÍTAL.