

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA FRESA

2.1.1. ORIGEN

Las fresas fueron conocidas por los romanos, aunque son poco mencionadas en referencias, porque aun no existían como cultivo.

Ovidio y Virgilio (43 a.C. - 17 d.C.), las nombran en sus versos. Plinio (79 – 34 a.C.) menciona a la fresa como uno de los productos naturales de Italia. En el siglo XIV, los franceses cultivaban la especie silvestre *Fragaria vesca*, sacada de los bosques para usarla en jardines y a veces para consumir sus frutos.

Para Baudillo (1969), hasta muy entrado el siglo XV, no se conocía otro fresal que el silvestre, que vegetando espontáneamente en los montes de Europa ofrecía un fruto de extraordinaria pequeñez que a pocos interesaba, perdiéndose en los bosques sin utilidad alguna.

Fueron los horticultores franceses, y más tarde los ingleses, alemanes e italianos los que, después de los resultados obtenidos cultivando aquellas plantas silvestres y de frutos insignificantes, mejoraron la calidad del fruto, aumentando su tamaño, sin que las atenciones recibidas por la planta en el cultivo alteraran en lo más mínimo las características organolépticas del fruto, el cual obtuvo una gran aceptación en el mercado por parte de las clases adineradas, proporcionando con ello excelentes rendimientos (Cáceres, 1979).

Con los años de cultivo y por medio de sus cruces naturales, el tamaño del fruto mejoraba, pero sin llegar al volumen del fruto de la fresonera, por ser esta especie totalmente desconocida (Baudillo, 1969).

En el siglo XVI se conocían en los jardines las especies europeas *F. vesca*, *F. moschata*, *F. viridis* y *F. semperflorens* (Baudillo, 1969).

Fue después del descubrimiento de América cuando el padre Gregorio Fernández de Velasco, al cruzar al bajo monte del Ecuador quedó asombrado al descubrir una especie de fresal (el *Fragaria chiloensis*), a cuyos frutos, por su tamaño, sabor y aroma, los bautizó con el nombre de *fresas equitenses*, un tanto latinizado, vulgarizando con el de (frutilla), denominación esta última que todavía persiste en todos los países hispanoamericanos (Cáceres, 1979).

Fueron los colonizadores españoles y de forma directa Frézier (1714), quien llevó de Chile a Francia la especie *Fragaria chiloensis* o fresonera, tan distinta del fresal silvestre europeo, que pronto tomó carta de naturaleza en todos los países de Europa.

Posteriormente al descubrimiento de la *Fragaria Chiloensis* por los colonizadores españoles, los ingleses descubrieron en los Montes de la Virginia la *Fragaria Virginiana*, base de las variedades modernas en fresa de fruto grande, que introdujeron en su país y que pronto se extendió por todo el continente debido a su fertilidad, destacando por el notable tamaño de sus frutos que, aunque muy inferiores a los de la fresonera, superaban en tamaño, a las fresas conocidas en aquella época (Suquilanda, 1995).

La propagación de las fresas y fresoneras por toda Europa, como frutos concurrentes al mercado, no tuvo lugar hasta el primer cuarto del siglo pasado, estableciéndose una nueva era en la explotación de estos cultivos, por la gran

aceptación que sus frutos conseguían en el mercado y por las elevadas cotizaciones que de ellos obtenían los horticultores (Ruano, 2000).

En adelante, y a pesar de que los dedicados a este cultivo, desconocían las leyes fundamentales de la genética, los pioneros en este cultivo, obtuvieron por cruces naturales nuevas e interesantes variedades, debido a que el frenal es una de las plantas que se híbrida fácilmente.

A partir del año 1892, el abate Thivolet obtiene, por medio de cruces y selecciones, una de las variedades más interesantes por su fertilidad y tamaño de los frutos, bautizándola con el nombre de “ Saint Joseph “, la cual fue distinguida con el Gran Premio en la Exposición celebrada en París, en 1894, por la Sociedad Natural de Horticultores de Francia.

Desde aquella fecha hasta nuestros días, los genetistas interesados por este cultivo han obtenido por medio de la selección, mutaciones, cruces naturales y artificiales, un gran número de híbridos, razas y variedades, que se cultivan en notables proporciones en todos los continentes (Baudillo, 1969).

2.1.2. Clasificación botánica (Hernández, 1995)

Reino:	Plantae.
División:	Magnoliophyta.
Clase:	Magnoliopsidae.
Subclase:	Dicotyledoneae.
Orden:	Rosales.
Familia:	Roseceae.
Genero:	Fragaria.
Especie:	Vesca
Nombre científico:	Fragaria vesca L.
Nombres comunes:	Frutilla, Fresones.

2.1.3. Género y Especie

Según Brazanti (1989), la fresa, cuyo nombre procede del latín “fragans”, fragante, es una rosácea, genero *Fragaria* Linn, cuyas especies se encuentran difundidas por todas las zonas templadas y subtropicales.

Son plantas herbáceas perennes constituidas por una corona, estolones que enraízan fácilmente, hojas palmeadas trifoliadas, dentadas, insertas mediante un pecíolo a la corona. Las plantas pueden ser dioicas, monoicas y polígamas, con flores reunidas en racimos en corimbo, de color blanco o también rojo (Suquilanda, 1995).

En la mayor parte de las formas espontáneas de las especies octoploides existen flores femeninas y masculinas en plantas separadas (dioicas), pero pueden darse plantas con flores masculinas y femeninas en la misma planta (plantas monoicas) y con flores hermafroditas, y plantas con flores hermafroditas y unisexuales en la misma planta (planta polígama) (Ruano, 2000).

En las variedades cultivadas, salvo pocas excepciones, se dan únicamente plantas con flores hermafroditas.

Al género, cuyo número básico “n” es de 7 cromosomas, pertenecen más de 150 especies, pero que probablemente pueden reducirse a casi unas 20 o menos. (Brazanti, 1989).

2.1.4. DIVERSIDAD GENETICA

Para Hernández (1995), las variedades más cultivadas en el país son: Tioga, Gorella, Madame Moutot, Regina, Senga Red Gauntlet, Sequoia, Fresno, Salinas, Tufs, Loro, Aiko y Douglas.

2.1.5. ZONAS DE CULTIVO

2.1.5.1. Zona ecológica

La fresa se desarrolla óptimamente en las zonas ecológicas: Estepa espinosa y Bosque seco montano bajo. (Hernández, 1995)

2.1.5.2. Sitios representativos

Los principales sitios de cultivo en el Ecuador son: Mira, Atuntaqui, Guayllabamba, Checa, El Quinche, Puenbo, Santa Isabel (Hernández, 1995).

2.1.6. AGROECOLOGÍA

2.1.6.1. Suelos

La influencia que ejerce la naturaleza del suelo con su estructura física y contenido químico sobre las plantas, es una de las bases fundamentales para su desarrollo.

Para Baudillo (1969), se tiene en cuenta que el origen del fresal y la fresonera, proceden de los bosques de cierta altura, por lo regular de suelos de naturaleza ácida, saturados de materia orgánica por la descomposición de residuos vegetales procedentes de la vegetación espontánea.

La fresa puede prosperar en diferentes tipos de suelos, pero prefiere los ácidos o subácidos, con pH comprendido entre 5 y 6. Aun cuando algunos cultivares pueden adaptarse a suelos con pH 8 y 8.5, los mejores resultados se obtienen con pH comprendido entre 5,8 y 6,5. Una acidez excesiva puede ser mal tolerada, en algunos casos un pH demasiado bajo (pH 4) puede ser más perjudicial que una ligera alcalinidad (pH 8) (Hernández, 1995).

Con relación a la textura, son preferibles los suelos sueltos en los que las raíces alcanzan un mayor desarrollo; mientras que, por el contrario, en suelos compactados el desarrollo es más limitado siendo más superficiales y más sensibles a la sequía. No son aconsejables los suelos muy húmedos con dificultad de drenaje. Una capa freática alta que mantenga las raíces en ambiente asfixiante, específicamente en terreno compactado, aunque no provoque la muerte de las plantas, provoca un desarrollo débil, una mayor sensibilidad a la podredumbre radicular, a los hongos parásitos y a *Botritis* (podredumbre de los frutos). En suelos arenosos la maduración se anticipa. No obstante, los mejores fresales se encuentran en suelos francos con tendencia a sueltos, no expuestos a sequía, bien drenados, aunque no faltan ejemplos de buenos fresales en suelos con tendencia a compactos, siempre que se adopten las adecuadas enmiendas (Curt, 2001).

2.1.6.2. Requerimientos Básicos (Hernández, 1995).

Clima	Sub calido, templado.
T° Anual Promedio	16 – 18 °C.
Precipitación Anual	500 – 1200 mm.
Altitud	1800 – 2300 m.
Región del País	Sierra.
Tipo de suelo	Textura franco, franco arenoso. Suelos permeables, buen contenido de materia orgánica.
pH	5,5 – 7,5

2.2. NECESIDADES NUTRICIONALES DEL FRESAL

El fresal, como otra planta cualquiera, necesita de los nutrientes necesarios para mantener su equilibrio nutritivo y satisfacer sus necesidades fisiológicas durante el crecimiento y desarrollo (Curt, 2001).

Para que la planta pueda cubrir todas estas necesidades, que juegan un papel importante en la elaboración de la biomasa, traducida en hojas, raíces, tallos y frutos; son precisos 16 elementos químicos considerados todos esenciales (Rodríguez, 1989).

Por ser el fresal una planta vivaz, que puede persistir hasta 3 años en el mismo suelo sin trasplante alguno, fuera de la aplicación de abono orgánico en la preparación del suelo, para el trasplante; resulta un tanto imposible, realizar una nueva incorporación de abono orgánico al suelo en años sucesivos, no quedando otra alternativa que la de suministrarle abonos químicos para satisfacer sus necesidades nutricionales (Brazanti, 1989).

Las necesidades nutritivas del fresal son muy exigentes, por la gran cantidad de fruto producido y el limitado desarrollo de la planta, y según la naturaleza y estructura del suelo y la continuidad de riegos, en ciertos casos aumentan aquellas necesidades, no bastando un abonado corriente formulado únicamente a base de nitrógeno, fósforo y potasio, por exigir también otros macro elementos y micro elementos para completar aquellas necesidades (Baudillo, 1969).

Para Higuera y Rodríguez (1987), la fertilización comprende diferentes prácticas destinadas a mejorar las condiciones nutritivas del terreno, en relación a la planta que en él se cultive. Por tanto, forma parte de la fertilización; el riego, instrumento principal para asegurar la productividad, en especial para la fresa que es una especie de elevado consumo hídrico; prácticas culturales del terreno para mejorar sus condiciones físicas y químicas; el abonado orgánico que contribuye a mejorar la estructura y a un enriquecimiento de principios nutritivos.

2.2.1. Macro nutrientes primarios

Brazanti (1989), indica que el crecimiento y la fructificación de la fresa, igual que para otras especies frutales, son consecuencia de la actividad fotosintética y de la

absorción del agua y de las sales minerales del suelo mediante las raíces. Con el hidrógeno, el carbono y el oxígeno absorbidos del aire y del agua, las plantas forman los hidratos de carbono y con los elementos minerales sintetizan las sustancias nitrogenadas y otros complejos necesarios para las funciones vitales de la planta. Algunos elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, además del carbono, hidrógeno y oxígeno, son absorbidos y entran en la composición de las plantas en cantidad notable (macro elementos), mientras que otros: hierro, manganeso, cobre, boro, zinc, etc., son absorbidos en cantidad muy reducida (oligoelementos); tanto que para algunos es suficiente la cantidad presente en el terreno como impureza.

En la práctica, excepto pocos casos y en determinados tipos de terreno, el agricultor aporta únicamente nitrógeno, fósforo y potasio, algunas veces calcio y muy pocas azufre. Los tres elementos principales están presentes en el terreno en cantidades muy variables y generalmente en cantidades insuficientes o en formas no solubles como para satisfacer las necesidades de las plantas. El análisis químico, importante especialmente cuando se va a trabajar en zonas nuevas de cultivo, evalúa las principales carencias y sitúa al agricultor en condiciones de proceder al abonado de plantación para poner el suelo en un nivel nutritivo adecuado (Suquilanda, 1995).

A título orientativo, un buen suelo para frenal debe contener al menos: 1,5 – 2% de materia orgánica; 1,5 – 2% de nitrógeno total; 0,05 – 0,07% (50 – 70 ppm) de anhídrido fosfórico asimilable; 0,15 – 0,20% (150 – 200 ppm) de potasio de cambio. La falta o exceso de estos elementos provoca reacciones en la planta, modificando su comportamiento (Brazanti, 1989).

2.2.1.1. Nitrógeno

El nitrógeno es la base de la nutrición de la planta y uno de los componentes más importantes de toda materia orgánica. Sin nitrógeno, la planta no puede elaborar

las materias de reserva que han de alimentar sus órganos de desarrollo y crecimiento, reduciendo el límite de sus formas y producción de frutos (Curt, 2001).

El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La carencia de nitrógeno y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y la planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El nitrógeno es un componente de las vitaminas y los sistemas de energía en la planta. Es también un componente esencial de los aminoácidos, los cuales forman proteínas; por lo tanto, el nitrógeno es directamente responsable del incremento del contenido de proteínas en las plantas (Inpofos, 1997).

Es necesario el aporte o incorporación suficiente de abono orgánico durante la preparación del terreno, antes del trasplante de los estolones, para que durante la permanencia de la planta en el suelo, se mantenga la fuente natural nitrogenada por cierto tiempo después de mineralizado, y las raíces de las plantas puedan absorberlo y asimilarlo en sus formas nítricas, ello contribuirá en gran manera a la eficiencia de los fertilizantes químicos (Sira, 2002).

De aplicarse los abonos nitrogenados en exceso, y carecer el suelo de materia orgánica, fósforo y potasio en las proporciones requeridas por la planta, ésta podrá ofrecer de momento un inusitado desarrollo, pero a pesar de su inmejorable aspecto vegetativo carecerá de resistencia y vigor, lo que será motivo en el frenal para que reduzca la producción y con ello el tamaño y calidad del fruto, causando la degeneración de la planta, y a la llegada de los fuertes calores será causa de abatimiento, caída y reseca de las hojas y paralización de su estado vegetativo, que reaccionara muy difícilmente a la entrada de otoño, para detenerse por completo a la llegada de las bajas temperaturas de invierno. Esta causa obliga

aplicar con prudencia todos los abonos de cobertera, sin excesos, ni déficit (Brazanti, 1989).

La carencia de nitrógeno resulta en clorosis, en las hojas más viejas ya que este se traslada a las hojas más jóvenes. Plantas pequeñas y crecimiento lento son también síntomas de deficiencia de nitrógeno, así como la carencia de follaje. En ciertas ocasiones se acusa al nitrógeno por el retraso en la madurez de los cultivos. El exceso de nitrógeno puede incrementar el crecimiento vegetativo, reducir el cuajado del fruto y afectar adversamente la calidad (Inpofos, 1997).

En el momento de entrar la planta en la etapa de crecimiento vegetativo debe aplicarse el nitrógeno de cobertera, repitiéndolo dos meses después en cantidad inferior y a base de nitritos, nitratos o urea (Baudillo, 1969).

Las plantas, bien nutridas, durante su periodo de producción, deben tener un contenido de nitrógeno en las hojas del 2,0 – 2,4% en base a materia seca. Cantidades inferiores al 2% pueden producir síntomas de deficiencia en las hojas (Brazanti, 1989).

2.2.1.2. Fósforo

Uno de los elementos esenciales para todos los vegetales, y particularmente en el fresal es el fósforo, por ser necesario para el crecimiento y desarrollo de la planta.

El fósforo desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y la transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. El fósforo mejora la calidad de la fruta y es además vital para la formación de la semilla. El fósforo ayuda a las raíces y a la plántula a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas. Además, incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la

resistencia de algunas plantas a enfermedades y adelanta la madurez, es importante para rendimientos más altos y calidad de los cultivos (Inpofos, 1997).

Regula las reacciones bioquímicas de los nitrogenados en la planta, el metabolismo de los hidratos de carbono, el recambio energético, y entra en la composición de las principales proteínas, incluidas las relativas a la reproducción. Ejerce una acción favorable a la productividad, a la resistencia de las plantas a las necrosis y a las bajas temperaturas, a la consistencia de los frutos, tamaño y precocidad de maduración; una presencia equilibrada de nitrógeno y potasio favorece la resistencia al frío invernal de las plantas (Higueta, 1987).

Por lo general el fósforo se encuentra en grandes cantidades en el suelo, y en las formas más complejas, como material de reserva y más o menos disponible y asimilable para las plantas, según sea la reacción del suelo, contenido de materia orgánica, y actividad de las microbacterias. El fósforo, por su elevado poder de fijación en el suelo, es muy difícil que pueda ser arrastrado por las aguas de lluvia o riego, como ocurre con el nitrógeno; el fósforo aún estando a un nivel notablemente inferior que el nitrógeno, realiza funciones fundamentales (Baudillo, 1969).

Las aportaciones del fósforo en el fresal, ya sea a base de superfosfatos o escorias u otras procedencias, deben aplicarse en otoño, para que la planta lo encuentre disponible en su reacción primaveral, por necesitar de cierto tiempo las bacterias que han de transformarlo a fin de que la planta pueda absorberlo y asimilarlo, (Ruano, 2000).

Una carencia de fósforo, con las demás condiciones normales, disminuye la producción y la consistencia de los frutos. Una escasez notable se manifiesta por el color bronce – púrpura de las hojas y dentro de ciertos límites, con hojas cortas, color verde oscuro, verde azulado de las hojas viejas a o largo de los nervios y en

los borde; disminución de las yemas de flor, disminución del crecimiento de los estolones y retraso en la maduración de los frutos (Brazanti, 1989).

La primera señal de falta de fósforo es una planta pequeña. La forma de las hojas se distorsiona. Cuando la deficiencia es severa se desarrollan áreas muertas en la hoja, el fruto y el tallo. Las hojas viejas se afectan antes que las jóvenes. La deficiencia de fósforo retarda la madurez del cultivo (Inpofos, 1997)

Se considera como suficiente para una buena productividad un contenido, en análisis foliar del 0,7% de la materia seca, aunque en algunos casos ha sido suficiente el 0,4% y sólo con valores inferiores al 0,2% se ha manifestado síntomas de carencia. Valores superiores a los máximos citados no parece que aporten algún beneficio y, por tanto, si no se tienen datos comparativos, posteriores aportaciones resultan inútiles (Brazanti, 1989).

2.2.1.3. Potasio

El potasio es un elemento indispensable para la vida, crecimiento y desarrollo de las plantas; el cual debe aplicarse considerando el requerimiento del cultivo y la disponibilidad en el suelo. Pues su exceso, además, de resultar fitotóxico para la planta, se traduce en enfermedades, falta de resistencia y desarrollo de la misma (Infoagro, 2002).

La asimilación del potasio no está sujeta, como el fósforo y el nitrógeno, a la acción microbiana del suelo, y una gran parte de sus reacciones es muy relativo, pero contribuye a dar una importante resistencia a los tejidos vegetales haciendo que la planta sea más vigorosa, resista mejor al ataque de insectos y parásitos y sea menos sensible a la sequía y bajas temperaturas. (Baudillo, 1969)

La absorción y asimilación del potasio por parte de la planta es más intensa en los climas templados y de fuerte luminosidad que en los nublados y brumosos.

El potasio es el elemento más consumido por el fresa. El mayor consumo se produce durante el cuajado y desarrollo de los frutos. Se considera como contenido óptimo de potasio en la hoja aproximadamente 1% en base a materia seca, durante la fase de producción, aunque algunos casos se han observado síntomas de carencia con valores de casi 1% y síntomas de exceso de potasio con el 2%, mientras que en otros casos contenidos de potasio incluso superiores al 2% no han producido ninguna influencia en los frutos (Brazanti, 1989).

2.2.2. Macro nutrientes secundarios

La carencia de macro nutrientes secundarios puede ser motivo de bajos rendimientos y graves enfermedades (Rodríguez, 1989).

2.2.2.1. Calcio

El calcio entra a formar parte de la constitución de las membranas celulares; junto con otros elementos actúa en varias actividades enzimáticas y funciona como neutralizante de los ácidos orgánicos evitando fenómenos de toxicidad. Un exceso del mismo reduce o impide la absorción del hierro y favorece la clorosis (Zavala, 2003).

La fresa a pesar de ser una planta que prefiere suelos ácidos, es consumidora de calcio, que tiene especial importancia sobre todo por las relaciones que tiene con los otros elementos en función del sinergismo o antagonismo. De los datos existentes correspondientes a las extracciones del elemento calcio por parte de la planta, se comprueba que cuando las dosis son bajas, se reduce o baja la producción y se puede tener un producto de mala calidad por su poca capacidad de conservación y escaso contenido en azúcares y acidez (Cáceres, 1979).

La aportación del calcio es necesaria únicamente en suelos muy pobres en este elemento, prácticamente inexistentes en el área de cultivo de la fresa de Italia, y aún en esos casos rarísimos la aportación deberá hacerse sólo después de un análisis y deberá limitarse a la cantidad suficiente para conseguir el nivel mínimo adecuado para satisfacer las necesidades de las plantas (Rodríguez, 1989).

Su carencia se traduce, en el frenal, en el engrosamiento del pecíolo y del folíolo, reducción de los tallos y acortamiento de los estolones y longitud de las raíces, hasta el punto de atrofiarse en sus extremidades ocasionando en ciertos casos la muerte de la planta (Baudillo, 1969).

Parece ser que el calcio ejerce una cierta influencia en la movilización de los hidratos de carbono que se forman en la planta, resulta imprescindible para mantener su equilibrio fisiológico como neutralizadores de los ácidos orgánicos.

Las reservas de calcio tienden a disminuir en el suelo debido al consumo que hacen las plantas y a causa de ser arrastrado por las aguas una vez transformados sus carbonatos en bicarbonatos (Brazanti, 1989).

2.2.2.2 Magnesio

En todas las cenizas de plantas y frutos incinerados se acusa la presencia de magnesio en cantidades muy notables. Esta presencia demuestra evidentemente la necesidad que tienen las plantas de este elemento, que se encuentra en proporciones muy variables en todos los suelos de cultivo (Inpofos, 1997).

Un suelo carente de magnesio resulta totalmente estéril, siendo muy importante la influencia que ejerce sobre las plantas, particularmente para la formación de clorofila, acusándose su presencia en un porcentaje muy notable de su compuesto específico (Brazanti, 1989).

Su carencia, en la planta, se caracteriza por su debilidad y falta de resistencia, decolorándose sus hojas por pérdidas de clorofila, y afectadas después de necrosis se secan y caen prematuramente.

La carencia de magnesio en el suelo se corrige con aplicaciones de este elemento en forma de dolomita, sulfato de magnesio o cloruro de magnesio. Las fuentes que contienen sulfato son más solubles que la dolomita y son la fuente preferida de Magnesio en aquellos suelos donde se requiere una respuesta rápida del cultivo.

2.2.2.3 Azufre

El azufre se considera como elemento indispensable para todo vegetal, influyendo en gran manera sobre los sulfatos presentes en el contenido de la clorofila así como en la acumulación de los carbohidratos de la planta (Inpofos, 1997).

En estos últimos años los síntomas de deficiencia de azufre en la planta, está despertando un cierto interés en los científicos; por ser éste un elemento esencial para la respiración de las plantas. Debido a su carencia o incapacidad de asimilarlo las plantas presentan un amarillamiento característico e inconfundible.

La necesidad que las plantas tienen de este elemento ha sido demostrada al ser empleado como fertilizante en sus formas de sulfato o azufre flor, siendo causa de un aumento considerable de las cosechas (Elcomerciodigital.com).

Todos los sulfatos contienen una notable cantidad o porcentaje de azufre, y muy particularmente el sulfato amónico, el sulfato de potasio y el superfosfato simple, contribuyendo con ello a reducir la alcalinidad del suelo, y es muy interesante para el cultivo del frenal, ávido de tierras más bien ácidas que alcalinas (Baudillo, 1969).

2.2.3. Los micro nutrientes

Se conoce por micronutrientes u oligoelementos todos aquellos que tienen una influencia directa o indirecta en el desarrollo de las plantas, y tan sólo una pequeña cantidad de ellos es suficiente para que ya no sufran síntomas de carencia.

Según la naturaleza y contenido químico del suelo y la formulación de abonos empleada para el cultivo del fresal, éste puede tener necesidad de estos micronutrientes para su crecimiento, formación y elaboración de sus flores y frutos (Brazanti, 1989).

Estos micronutrientes, además de poder constituir una parte esencial de nutrición colaboran también en los compuestos elaborados por la planta, poseen efectos estimulantes de resistencia a las enfermedades y son el motivo que pone en juego todo un complejo de efectos y causas indeterminadas en el proceso de nutrición y en las reacciones químicas del suelo (Inpofos, 1997).

El fresal, como todo vegetal, puede presentar síntomas de carencia a consecuencia de un consumo parcial o total de uno a más elementos fertilizantes que no le han sido repuestos.

Como micro nutrientes necesarios para el fresal, se señalan el hierro, manganeso, boro, cobre y cinc en particular, aparte de otros elementos menores que también pueden ser imprescindibles para la nutrición de las plantas (Baudillo, 1969).

2.2.3.1. Boro

El boro es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y para la formación de las semillas y paredes celulares. Forma

también complejos borato-azúcares y es importante en la formación de proteínas (Inpofos, 1997).

La deficiencia de boro generalmente detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes. Esto indica que el boro no se transloca fácilmente en la planta (Baudillo, 1969).

El boro está disponible para la planta en un rango de pH entre 5,0 y 7,0. A valores de pH más altos la absorción de boro se reduce. El encalar suelos ácidos puede reducir la disponibilidad de boro y aumentar la respuesta a los fertilizantes que contienen este nutriente (Inpofos, 1997).

Los suelos de textura gruesa (arenosos), compuestos principalmente por cuarzo, tienen una baja cantidad de minerales que contienen boro. Las plantas que crecen en esos suelos comúnmente presentan deficiencia de boro (Brazanti, 1989).

2.2.3.2. Cloro

El cloro es un nutriente vital, está involucrado en las reacciones energéticas de la planta, específicamente en la descomposición química del agua en presencia de la luz solar, y en la activación de varios sistemas enzimáticos. Este nutriente está también involucrado en el transporte de cationes K, Ca, Mg, dentro de la planta, regulando la apertura y cerrado de las células guardianes en el estoma, controlando de esta forma la pérdida de agua y el estrés de humedad y manteniendo la turgencia (Baudillo, 1969).

Se ha demostrado que el cloro reduce el efecto de las enfermedades radiculares causadas por hongos, se especula que el cloro compite con la absorción de nitrato, esto promueve el uso de amonio por las plantas (Brazanti, 1989).

La fuente más común es el cloruro de potasio que contiene aproximadamente 47% de Cl. El cloruro de amonio 52% de Cl, y el cloruro de magnesio con el 74% de Cl, son también fuentes disponibles. El cloro es altamente móvil en el suelo y debe ser manejado de acuerdo con esta característica (Inpofos, 1997).

2.2.3.3. Cobalto

No se ha probado que el cobalto sea esencial para el crecimiento de las plantas. Sin embargo las bacteria en los nódulos de las leguminosas necesitan cobalto para fijar el nitrógeno atmosférico (Inpofos, 1997).

2.2.3.4. Cobre

El cobre es necesario para la formación de clorofila y catalizar varias otras reacciones en las plantas, a pesar de no ser parte del producto que se forma con esas reacciones (Brazanti, 1989).

Los suelos orgánicos son los más propensos a ser deficientes en cobre. Estos suelos generalmente contienen niveles adecuados de cobre, pero lo retienen tan fuertemente que solo una pequeña cantidad es disponible para el cultivo. Los suelos arenosos, bajos en materia orgánica, también pueden llegar ha ser deficientes en cobre, debido a perdidas por lixiviación. Los suelos pesados (arcillosos) son los que tienen menos probabilidad de desarrollar deficiencias de cobre. Otros metales en el suelo como el Fe, Mn, Al, afectan la disponibilidad del cobre para la planta. Este efecto es independiente de los tipos de suelo (Inpofos, 1997).

2.2.3.5. Hierro

El hierro es un elemento que hace muchos años es utilizado como fertilizante por favorecer la formación de clorofila y por ser también uno de los catalizadores más

enérgicos. Debido a su carencia las plantas pierden parte de su clorofila y sufren verdaderas clorosis, dificultando el proceso de la fotosíntesis y puede hasta ocasionarles la muerte. El hierro en los suelos del Ecuador se encuentra en concentraciones altas, principalmente en suelos ácidos, las deficiencias son comunes en suelos alcalinos con pH superior a 8,0, esto según lo manifiesta el Ing. Franklin Valverde, jefe del departamento de suelos del INIAP, Estación Santa Catalina.

La abundancia de calcio en el suelo, y asimismo de manganeso, provocan el bloqueo del hierro y entonces éste puede ser asimilado muy difícilmente por las plantas dando lugar a la clorosis férrica. El hierro es de baja movilidad en la planta, por consiguiente la clorosis se presenta en brotes y hojas jóvenes.

El exceso de hierro resulta tóxico para las plantas y debe ser aplicado con cierta prudencia, particularmente en las tierras ácidas, siendo siempre necesario en las alcalinas (Baudillo, 1969).

2.2.3.6. Manganeso

El manganeso funciona principalmente como parte de los sistemas enzimáticos de las plantas. Activa varias reacciones metabólicas importantes y juega un papel directo en la fotosíntesis al ayudar a la planta a sintetizar clorofila. El manganeso acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de fósforo y calcio (Brazanti, 1989).

Debido a que el manganeso no se transloca en la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes, como un amarillamiento entre las venas. En algunas ocasiones aparecen una serie de puntos de color café oscuros. Las deficiencias de manganeso ocurren con más frecuencia en suelos con alto contenido de materia orgánica y en suelos con pH neutro a alcalino (Baudillo, 1969).

Generalmente, las deficiencias de manganeso están asociadas con un alto pH del suelo, si embargo, las deficiencias pueden resultar de un desbalance con otros nutrientes como Ca, Mg y Fe. La humedad del suelo también afecta la disponibilidad de manganeso. Los síntomas de deficiencia son más severos en suelos con un alto contenido de materia orgánica, durante los periodos en los cuales el suelo está saturado. Los síntomas desaparecen a medida que el suelo se seca y la temperatura incrementa. Estas condiciones pueden ser el resultado de una menor actividad microbiana en suelos fríos y húmedos. El pH de estos suelos también es más alto durante el invierno y esto reduce la disponibilidad de manganeso (Inpofos, 1997).

2.2.3.7. Molibdeno

La planta requiere molibdeno para sintetizar y activar la enzima nitrato – reductasa. Esta enzima reduce el nitrato a amonio dentro de la planta. El molibdeno es vital para el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno, llevado a cabo por la bacteria *Rhizobium* en los nódulos de las raíces de las leguminosas. También es necesario para convertir el P inorgánico a su forma orgánica en la planta (Baudillo, 1969).

Los síntomas de deficiencia de molibdeno se presentan como un amarillamiento general y una falta de crecimiento de la planta. La deficiencia de molibdeno promueve el apareamiento de síntomas de deficiencia de N en leguminosas, debido a que la carencia de molibdeno no permite que las leguminosas fijen N del aire. El molibdeno se hace más disponible a medida que sube el pH del suelo, opuestamente a lo que sucede con la mayoría de los otros micronutrientes. Por lo tanto, las deficiencias ocurren más comúnmente en suelos ácidos. Los suelos arenosos presentan deficiencias de molibdeno con más frecuencia que los suelos de textura fina (Inpofos, 1997).

Aplicaciones altas de P incrementan la absorción de molibdeno por la planta, mientras que aplicaciones altas de S reducen la absorción de molibdeno. El aplicar altas cantidades de fertilizantes que contienen S, en suelos con niveles medios a bajos de molibdeno, puede inducir una deficiencia de este nutriente (Brazanti, 1989).

2.2.3.8. Zinc

El zinc fue uno de los primeros micronutrientes reconocido como esencial para las plantas. Además, es el micronutriente que con más frecuencia limita los rendimientos de los cultivos.

El zinc ayuda a la síntesis de sustancias que permiten el crecimiento de la planta y la síntesis de varios sistemas enzimáticos. Es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas y además es necesario para la producción de clorofila y carbohidratos. El zinc no se transloca dentro de la planta, por lo tanto, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas nuevas y otras partes jóvenes de la planta (Brazanti, 1989).

Los suelos pueden contener desde pocos hasta cientos de Kg de zinc por hectárea. Generalmente, los suelos de textura fina contienen más zinc que los suelos arenosos. Sin embargo, el contenido total de zinc en el suelo no indica cuanto de este nutriente está disponible para el cultivo. Varios factores determinan esta disponibilidad (Baudillo, 1969).

El zinc es menos disponible a medida que sube el pH del suelo. Aquellos suelos encalados a pHs superiores a 6,0 pueden desarrollar deficiencias de zinc, especialmente en suelos arenosos. Las deficiencias no se presentan en todos los suelos con pH cercano a la neutralidad o alcalino, simplemente la probabilidad de deficiencia es mayor. La concentración de zinc en el suelo se reduce 30 veces por cada unidad de incremento en pH entre 5,0 y 7,0. Otros de los factores que

determinan la disponibilidad de zinc son la alta cantidad de P en el suelo. Niveles bajos de materia orgánica en el suelo son a menudo indicativos de una baja disponibilidad de zinc. El zinc no se pierde por lixiviación (Inpofos, 1997).

2.3. LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA

2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SEDIMENTOS

2.3.1.1. Granulometría

Según Vilatuña (2001), para conocer las características de la granulometría de los sedimentos se han seleccionado tres zonas:

- Zona del centro de la laguna
- Zona cercana a la orilla de la laguna,
- Zona de ingreso del agua de trasvase del río Tahuando

Dentro de las tres zonas analizadas (cuadro 1), se encuentra que la mayor cantidad de partículas presentan un diámetro de 0,063mm, que corresponde a una clasificación de arena muy fina.

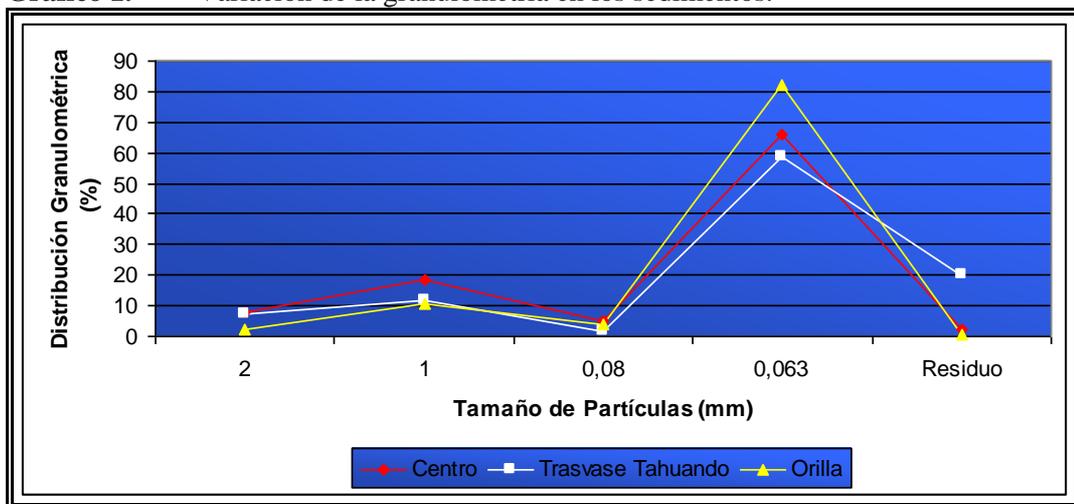
Cuadro 1. Distribución granulométrica de los sedimentos.

Zonas	Distribución granulométrica (%)				
	>2 mm	1 - 2 mm	0,08 - 1 mm	0,063 – 0,08 mm	Residuo <0,063 mm
Centro	8	18,7	5,2	65,8	2,3
Trasvase Tahuando	7,4	11,7	1,9	58,8	20,2
Orilla	2,4	10,9	4,1	82,4	0,4

Fuente: Vilatuña, (2001).

En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de la granulometría realizada a los sedimentos extraídos de la laguna de Yahuarcocha, considerando tres zonas o sectores. El análisis granulométrico considera partículas superiores a 2 mm, partículas de 2 mm a 1 mm, de 1 mm a 0,08 mm, de 0,08 mm a 0,063 mm y las inferiores a 0,063. Se encontró que en las tres zonas de estudio el mayor contenido de partículas son las correspondientes a las que tienen un diámetro comprendido entre 0,08 mm y 0,063 mm. Encontrando en la zona centro de la laguna las partículas con un diámetro de 0,063 mm, corresponde a un 65,8%, mientras que la zona de la orilla presenta un 82,4% de partículas con un diámetro de 0,063 mm, siendo la zona del trasvase la que menor cantidad de estas partículas representa un 58,8%.

Grafico 1. Variación de la granulometría en los sedimentos.



Fuente: Vilatuña, (2001).

En el gráfico 1 se observa la variación que presentan las partículas de sedimento extraído de la laguna de Yahuarcocha en cuanto a la granulometría que estas tienen, considerando las tres macro zonas de estudio. Se puede apreciar que dentro de las tres zonas de estudio, que la mayor cantidad de partículas se encuentran ubicadas en el rango correspondiente a aquellas que presentan un diámetro de 0,063 mm, sobrepasando en los tres casos un contenido superior al 55% como es en la zona del trasvase y llegando hasta un 80% en la zona de la orilla.

2.3.1.2. Humedad de sedimentos

A partir de la ecuación ajustada para el comportamiento de la humedad con la profundidad en la laguna, se estiman los valores de humedad a diferentes profundidades. Debe observarse que el valor de la pendiente b , tiene un valor absoluto muy superior a 5, lo cual indica condiciones de elevada eutrofización.

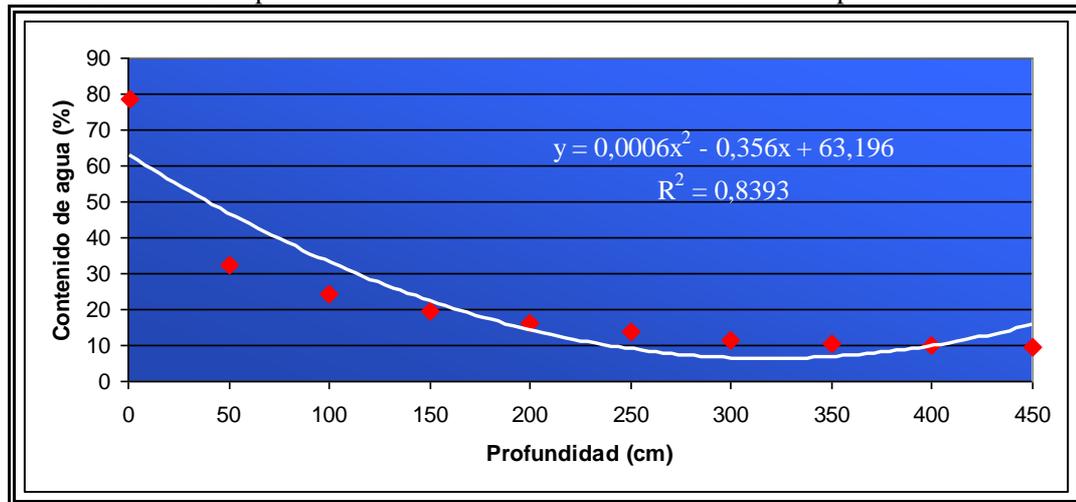
Cuadro 2. Estimación del contenido de agua (w) en sedimentos de la laguna.

X (cm)	ln(2X)	b	b ln(2X)	A	w(x)
1	0,0	-11,7	0,0	78,4	78,4
50	3,9	-11,7	-45,0	78,4	32,5
100	4,6	-11,7	-54,0	78,4	24,4
150	5,0	-11,7	-58,8	78,4	19,6
200	5,3	-11,7	-62,2	78,4	16,2
250	5,5	-11,7	-64,8	78,4	13,6
300	5,7	-11,7	-66,9	78,4	11,5
350	5,9	-11,7	-68,7	79,4	10,7
400	6,0	-11,7	-70,3	80,4	10,1
450	6,1	-11,7	-71,7	81,4	9,7

Fuente: Vilatuña, (2001).

Como puede apreciarse en el cuadro 2, en la quinta columna (A), existe una elevada compactación de los sedimentos, lo cual hace que el contenido de agua disminuya rápidamente hacia la profundidad en el fondo de la laguna. Este comportamiento permite predecir que sólo el estrato correspondiente entre los 0,5 a 1 m de profundidad aportará una apreciable cantidad de agua, siendo de mucho más peso el agua extraída durante la acción del dragado, lo cual depende del tipo de equipamiento empleado y de su forma de operación (Vilatuña, 2001)

Grafico 2. Comportamiento de la humedad de los sedimentos en profundidad.



Fuente: Vilatuña H, (2001).

En el gráfico 2, se presentan los puntos correspondientes a los datos registrados de la estimación del contenido de agua (w) en los sedimentos extraídos de la laguna de Yahuarcocha. Se puede observar también la línea de los valores correspondientes al modelo cuadrático calculado para dichos datos. El coeficiente de correlación entre las dos variables es de $r = 0,916$.

2.3.1.3. Metales pesados en sedimentos

Las autoridades gubernamentales de Holanda han establecido una guía para evaluar la calidad de los sedimentos, en dependencia de los posibles usos de este material. El procedimiento define cuatro clases de contaminación en los sedimentos.

El material dragado de clase I es de calidad aceptable para todo uso, la clase II puede ser utilizado bajo ciertas restricciones, mientras que la clase III y en mayor grado la clase IV debe ser almacenado bajo condiciones estrictamente controladas, pues representan una seria amenaza para los ecosistemas acuáticos, los suelos y la salud pública (Cuadro 3).

Cuadro 3. Criterios de clasificación de concentraciones de metales pesados en sedimentos.

Metal (mg.kg ⁻¹)	CLASE			
	I	II	III	IV
Cd	<2	2 - 7,5	7,5 – 30	>30
Cr	<480	<480	480 – 600	>600
Cu	< 35	35 – 90	90 – 400	>400
Pb	<530	< 530	530- 1000	> 1000
Ni	< 35	35-90	90 – 400	>400
Zn	<480	480- 1000	1000-2500	> 2500

Citado por Vilatuña, (2001).

Los resultados de los análisis efectuados en las muestras de sedimentos de la laguna de Yahuarcocha (Cuadros 4 y 5), clasifican dentro de la Clase I; es decir con calidad apropiada para todo uso.

Comparando con los contenidos máximos permisibles de estos metales, en lodos usados para su aplicación sobre el suelo, que aparecen en la Cuadro 6, se aprecia que los sedimentos en el Yahuarcocha, contienen concentraciones menores a las toleradas en países europeos (Vilatuña, 2001).

Cuadro 4. Resultado del análisis del laboratorio acerca de los parámetros considerados evaluar en los sedimentos de la laguna Yahuarcocha, 2001.

PARAMETROS	UNIDAD	MUELLE PLAYA	CENTRO I	CENTRO II	TAHUANDO	QUEBRADA	AUTOPISTA	ORILLA TAHUANDO			ORILLA PLAYA				RANGO		MAXIMO PERMISIBLE ¹
		0-20 cm.	0-5 cm.	0-20 cm.	0-30 cm.	0-15 cm.	0-20 cm.	0-20 cm.	20-40 cm.	40-60 cm.	0-5 cm.	5-20 cm.	20-40 cm.	40-60 cm.	Min	Max	
Densidad	mg.cm ³ ⁻¹	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Humedad	%	29.60	83.34	68.18	74.82	52.11	57.05	44.71	40.44	24.81	59.56	38.66	35.44	21.21	21.21	N.A.	
MO por Ignicio	% MS	3.95	17.34	9.69	12.45	9.69	8.93	4.71	14.96	34.20	13.07	2.76	8.44	3.70	2.76	34.20	
Nitrogeno Total	% MH	5.12	6.73	9.55	9.10	9.70	6.71	14.95	9.57	14.58	9.34	10.96	10.55	2.39	2.39	14.95	
Nitrogeno Total	% MS	7.27	40.39	30.02	36.14	20.26	15.62	27.04	16.07	19.39	23.9	17.87	16.34	3.03	3.03	40.39	
Fósforo (P)	% MH	0.110	0.110	0.190	0.130	0.150	0.210	0.130	0.130	0.120	0.120	0.070	0.150	0.140	0.07	0.21	
Fósforo (P)	ppm	1562.500	6602.245	5971.838	5162.828	3132.374	4889.179	2351.409	2182.820	1596.021	2967.212	1141.236	2323.456	1776.830	1141.24	6602.2	
Potasio Total	% MH	0.06	0.11	0.08	0.07	0.12	0.05	0.05	0.12	0.08	0.08	0.13	0.16	0.10	0.05	0.50	
Potasio Total	meq.100gr ⁻¹	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	N.A.	N.A.	
Sodio Total	% MH	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Calcio Total	mg.kg ⁻¹	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Arsénico	mg.kg ⁻¹	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	< 0.05	N.A.	< 0.05	N.A.	< 0.05	N.A.	< 0.05	N.A.	< 0.05	10
Cadmio	mg.kg ⁻¹	N.A.	< 0.01	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	5
Cromo	mg.kg ⁻¹	N.A.	< 0.01	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	N.A.	< 0.01	500
Plomo	mg.kg ⁻¹	N.A.	< 0.02	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	< 0.02	N.A.	< 0.02	N.A.	< 0.02	N.A.	< 0.02	N.A.	< 0.02	500
Zinc	mg.kg ⁻¹	N.A.	26.22	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	50.80	N.A.	15.38	N.A.	33.57	N.A.	28.18	15.38	50.80	2000
Cobre	mg.kg ⁻¹	N.A.	17.71	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	31.01	N.A.	20.34	N.A.	14.34	N.A.	14.58	14.34	31.01	600
Aluminio	% MH		0.890					2.270	N.A.	1.000	N.A.	0.640	N.A.	0.510	0.51	2.27	
Aluminio	meq.100gr ⁻¹		0.594					0.457	N.A.	0.148	N.A.	0.116	N.A.	0.072	0.07	0.59	
Hierro	% MH		0.44					1.37	N.A.	0.59	N.A.	0.6	N.A.	1.15	0.44	1.37	
Hierro	meq.100gr ⁻¹		0.1393369					0.1307434	N.A.	0.0414022	N.A.	0.051611	N.A.	0.077007	0.04	0.139	

N.A. = No Analizado

MS. = Materia Seca.

MH. = Materia Húmeda

Fuente: Vilatuña H, (2001)

Cuadro 5. Resultado del análisis de laboratorio de muestras compuestas del sedimento de la laguna Yahuarcocha.

PARÁMETROS	UNIDAD	CENTRO I	TAHUANDO	PLAYA
		0 - 30 cm.	ORILLA 0 - 60 cm.	ORILLA 0 -60cm
Densidad	g.cm ³ ⁻¹	3,53	3,53	3,53
Humedad	%	79,66	35,31	33,31
M.O. FRG por Ignición	%MS	17,0	4,77	4,88
Nitrógeno Total	% MH	3,90	3,67	3,78
Fósforo Total	% MH	0,092	0,122	0,062
Fósforo Total	ppm	4523	1886	930
Potasio	%MH	0,1125	0,091	0,112
Potasio	meq.100gr ⁻¹	0,014	0,004	0,004
Sodio Total	% MH	0,266	N.A.	N.A.
Sodio Total	meq.100gr ⁻¹	0,012	-	-
Calcio Total	mg.kg ⁻¹	283,8	N.A.	N.A.
Calcio Total	meq.100gr ⁻¹	0,001	-	-
Arsénico	mg.kg ⁻¹	<0,05	<0,05	<0,05
Cadmio	mg.kg ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo	mg.kg ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01
Plomo	mg.kg ⁻¹	< 0,02	<0,02	<0,02
Zinc	mg.kg ⁻¹	15,00	32,17	33,42
Cobre	mg.kg ⁻¹	15,28	20,82	21,37
Al	% MH	0,838	1,325	0,802
Al	meq.100gr ⁻¹	0,458	0,228	0,134
Fe	% MH	0,549	1,182	0,964
Fe	meq.100gr ⁻¹	0,142	0,096	0,076
GRANULOMETRIA				
Malla				
2,000 mm	%MS	8	7,4	2,4
1,000 mm	%MS	18,7	11,7	10,9
0,080 mm	%MS	5,2	1,9	4,1
0,063 mm	% MS	65,8	58,8	82,4
Residuo	% MS	2,3	20,2	0,4

Fuente: Vilatuña, (2001).

N.A. = No Analizado.

MS = Masa Seca.

MH = Masa Húmeda.

Cuadro 6. Límites de concentraciones de metales pesados en lodos para su aplicación al suelo.

Metal mg.kg⁻¹	Holanda	Francia	Aleman	Noruega	Suecia	Finland	Inglater
Zn	2.000	3.000	3.000	3.000	10.000	5.000	10.000
Cu	600	1.000	1.200	1.500	3.000	3.000	1.000
Pb	500	800	1.200	300	300	1.200	800
Cr	500	1.000	1.200	200	1.000	1.000	800
Ni	100	200	200	100	500	500	250
Cd	5	40	20	10	15	30	20
As	10	-	-	-	-	-	150

Citado por Vilatuña, 2001

2.3.1.4.- Nitrógeno, fósforo, calcio, sodio, aluminio y hierro

Los análisis químicos de los cuadros 4 y 5, señalan altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, pero bajas de calcio, potasio y sodio, a partir de una clasificación de los sedimentos, en base seca, para su incorporación a suelos con baja fertilidad. Sin embargo, el disponer de estos sedimentos con esta finalidad, debe considerar el análisis químico tanto de los sedimentos después de drenar el agua sobrenadante y el análisis químico de los suelos a tratar, para evitar problemas de fitotoxicidad a los cultivos.

Por otra parte, la granulometría de los sedimentos es mayormente la correspondiente a arena muy fina, que pudiera mejorar el drenaje de suelos con granulometría mas fina (arcillosa), sí se procede a mezclarlos. Generalmente, los suelos de textura gruesa o arenosa, tienen problemas vinculados a la poca retención de nutrientes e inclusive a excesivo drenaje; por lo tanto, la utilización de los sedimentos para la incorporación a suelos, con la finalidad de mejorar la presencia de nutrientes, es vista como una opción, pero no debe ser tomada como definitiva.

La rapidez de disponer los sedimentos, mejora las oportunidades de su utilización, posteriormente del tratamiento de las aguas sobrenadantes (Vilatuña H, 2001).